

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO LEAN FERRAMENTAS: 5S, ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT E TPM

Nuno Filipe Faria Ferreira



Mestrado em Gestão de Processos e Operações

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2012

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado Gestão de Processos e Operações.

Candidato: Nuno Filipe Faria Ferreira, N° 1090078, 1090078@isep.ipp.pt

Orientação científica: Eng.º António Galvão Ramos

Co-orientação: Prof. Doutor Manuel Pereira Lopes e Prof. Doutor Paulo António da Silva Ávila



Mestrado em Gestão de Processos e Operações

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

27 de Novembro de 2012

Agradecimentos

Gostaria de aproveitar para agradecer a todos aqueles que em diversas ocasiões e por diferentes motivos me acompanharam e motivaram durante todo este percurso académico.

Agradeço:

Ao Engenheiro António Galvão Ramos, Prof. Doutor Manuel Pereira Lopes e Prof. Doutor Paulo António da Silva Ávila, meus orientadores, pela disponibilidade dispensada.

Aos meus colegas e amigos de curso, por todas as horas que passamos a trabalhar e por todos os obstáculos que vencemos juntos durante os últimos anos. Em especial quero agradecer aos meus colegas que desenvolveram o jogo de simulação comigo, Edgar Moutinho e Susana Sousa.

Aos meus pais pelo facto de nunca terem duvidado das minhas capacidades e por me terem motivado para apostar no Mestrado. Sem vocês nada disto era possível.

Um agradecimento sincero a todos vós...

Resumo

O Lean Thinking (Pensamento Magro) baseia-se no Sistema Toyota de Produção, também conhecido pela sigla TPS (Toyota Production System). Foi desenvolvido em ambiente fabril, em particular na indústria automóvel, por Taiichi Ohno (1988) com o principal objectivo de eliminar desperdícios. O Lean Thinking tem crescido e hoje é muito mais abrangente.

Com o intuito de melhorar a aprendizagem dos conceitos e das práticas lean, têm sido desenvolvidos diversos jogos que simulam a utilização das diferentes ferramentas lean. Estes jogos têm uma vertente comercial e são especialmente dirigidos para a indústria contudo não se consegue encontrar um que consiga ser utilizado para simular individualmente as ferramentas Lean.

No âmbito desta dissertação, foi desenvolvido um jogo didáctico para apoio nas aulas onde são estudadas as ferramentas Lean. As ferramentas Lean abordadas neste trabalho são: 5S, Organização de Layout e Total Productive Maintenance.

O jogo desenvolvido permite introduzir as ferramentas individualmente e as simulações efectuadas possibilitam a análise das melhorias obtidas com a eliminação de desperdícios através da aplicação das diferentes ferramentas.

Palavras-chave: Lean Thinking, Sistema Toyota de Produção.

Abstract

The Lean Thinking is based on the Toyota Production System (TPS). It was developed in manufacture environment, in particular in the automotive industry, by Taiichi Ohno (1988) with the main objective to eliminate waste. The Lean thinking has grown and today it is much more including.

In order to improve the learning of lean concepts and practices, several games have been developed that simulate the use of various lean tools. These games have a commercial side and are specially targeted to industry, but it cannot be found one that can be used to simulate Lean tools individually.

Within this dissertation, was developed a game to support teaching, in the classroom where they studied Lean Tools. Lean tools covered in this work are: 5S, Layout Organization and Total Productive Maintenance.

The game allows you to introduce singly the tools developed and thought simulations allow observing the improvements achieved with the elimination of wastes through the application of different tools.

Keywords: Lean Thinking, Toyota Production System.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ACRÓNIMOS.....	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2. OBJECTIVOS	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
2. PENSAMENTO LEAN	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. ORIGEM DO LEAN THINKING	6
2.3. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE DESENVOLVIMENTO DO LEAN	7
2.4. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN THINKING.....	8
2.5. AS TÉCNICAS E FERRAMENTAS LEAN ESTUDADAS	10
2.6. RESUMO.....	31
3. METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM – JOGOS DIDÁCTICOS	33
3.1. TIPOS DE ENSINO.....	33
3.2. UTILIZAÇÃO DOS JOGOS COMO MÉTODO DE ENSINO.....	35
3.3. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS JOGOS.....	36
3.4. JOGOS EXISTENTES	37
3.5. RESUMO.....	40
4. DESENVOLVIMENTO DO JOGO.....	41
4.1. INTRODUÇÃO	41
4.2. SIMULAÇÃO INICIAL	57
4.3. SIMULAÇÃO PARA IMPLEMENTAR A FERRAMENTA 5S.....	65
4.4. SIMULAÇÃO PARA IMPLEMENTAR A FERRAMENTA ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT.....	75
4.5. SIMULAÇÃO PARA IMPLEMENTAR A FERRAMENTA TPM.....	82
4.6. RESUMO.....	92
5. CONCLUSÕES.....	93
5.1. CONCLUSÕES	93

REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	95
ANEXO A. DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA NA SIMULAÇÃO INICIAL, NOS JOGOS 5S E ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT	99
ANEXO B. DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA NO JOGO TPM.....	111
ANEXO C. MANUAL DA SIMULAÇÃO INICIAL	117
ANEXO D. MANUAL PARA O JOGO DOS 5S.....	125
ANEXO E. MANUAL PARA O JOGO ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT	133
ANEXO F. MANUAL PARA O JOGO DE TPM	141

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema ilustrativo das forças a favor e contra a implementação do pensamento Lean (Adaptado de Melton, pág. 664, 2005).....	6
Figura 2 - Benefícios da implementação dos 5S (Hirano, 2004).	13
Figura 3 - Exemplo de um Spaghetti Diagram utilizado no desenvolvimento do jogo.....	15
Figura 4 - Matriz comparativa dos diferentes layouts (Slack, Chambers and Johnson, 2002).....	17
Figura 5 - Indicadores da manutenção (Wireman2003).....	20
Figura 6 - Oito Pilares do TPM (adaptado de Venkatesh, 2007).	23
Figura 7 - Representação gráfica do SMED (Shingo, 2000).....	26
Figura 8 - Poka Yoke utilizado para as conexões dos periféricos de um Computador.	28
Figura 9 - Diagrama conceptual do sistema Kanban (Adaptado de Alain Courtois et al., 2002). ...	30
Figura 10 - Figuras construídas em Legos (Fonte: www.takttime.net).....	38
Figura 11 - Jogo dos Pássaros (Fonte: www.takttime.net).....	38
Figura 12 - Jogo do Barco (Fonte: www.takttime.net).....	39
Figura 13 - Jogo da Lean Learning Academy em Curso.....	42
Figura 14 - Ciclo de aprendizagem.	43
Figura 15 - Ordem de estudo das Ferramentas Lean.....	44
Figura 16 - Dimensões da sala utilizada.....	44
Figura 17 - Dimensões da mesa utilizada como posto de trabalho.	45
Figura 18 - Caneta utilizada no jogo.	45
Figura 19 - Primeira abordagem á decomposição da caneta em peças.	46
Figura 20 - Layout utilizado na primeira abordagem ao "Jogo".	46
Figura 21 - Segunda abordagem á decomposição da caneta em peças.	48
Figura 22 - Modelo de caixa da primeira proposta.	49
Figura 23 - Modelo de caixa da segunda proposta.....	49
Figura 24 - Fita utilizada.	49
Figura 25 - Etiquetas utilizadas.....	50
Figura 26 - Carimbo utilizado.	50
Figura 27 - Desenvolvimento da máquina de carimbos.....	50
Figura 28 - Layout utilizado na primeira simulação.	51

Figura 29 - Diversas configurações dos racks de madeira.	52
Figura 30 - Dois tipos de caixas SUC utilizadas.	52
Figura 31 - Layout do armazém da primeira abordagem do "Jogo".	53
Figura 32 - Armazém organizado.	54
Figura 33 - Cronómetro para registo de tempos.	55
Figura 34 - Tabela de inserção de dados.	55
Figura 35 - Folha resumo dos dados obtidos nas simulações.	56
Figura 36 - Exemplo de gráfico obtido com a ferramenta informática.	56
Figura 37 - Diagrama do processo para a primeira simulação.	58
Figura 38 - Gráfico de tempos médios da Primeira Iteração da Simulação Inicial.	61
Figura 39 - Gráfico de tempos médios da Segunda Iteração da Simulação Inicial.	63
Figura 40 - Gráfico comparativo entre tempos médios das Simulações Iniciais.	64
Figura 41 - Layout utilizado na Iteração dos 5S.	67
Figura 42 - Organização do posto de trabalho 1 e 2.	68
Figura 43 - Organização do posto de trabalho 3 e Controlo de qualidade.	69
Figura 44 - Organização do posto de trabalho 4.	69
Figura 45 - Alteração efectuada nos carimbos.	69
Figura 46 - Colocação de identificação nos carimbos.	70
Figura 47 - Recipientes para organização do armazém.	70
Figura 48 - Gráfico de tempos médios da Simulação da ferramenta 5S.	73
Figura 49 - Gráfico comparativo entre tempos médios das Simulações Iniciais e a Simulação dos 5S.	74
Figura 50 - Disposição da sala para a simulação.	76
Figura 51 - Layout sujeito a Organização.	77
Figura 52 - Diagramas “Spaghetti” da situação inicial	77
Figura 53 - Área ocupada pela simulação da situação inicial.	78
Figura 54 - Layout utilizado na iteração da ferramenta Organização de Layout.	78
Figura 55 - Diagramas “Spaghetti” da Iteração de Organização de Layout.	78
Figura 56 - Área ocupada pela iteração da Organização de Layout.	79
Figura 57 - Gráfico de tempos médios da Simulação da ferramenta Organização de Layout.	80
Figura 58 - Gráfico comparativo entre tempos médios das Simulações Iniciais e a Simulação de Organização de Layout.	81
Figura 59 - Nova máquina de etiquetas e a máquina utilizada nas simulações anteriores.	84

Figura 60 - Placa Base da máquina (A) e placa de condução das fitas de etiquetas (B).	85
Figura 61 - Elementos de Organização da máquina de etiquetas.	85
Figura 63 - Representação da nova máquina de etiquetas com o controlador DDC e PC.	86
Figura 62 - Programação presente no autómato.	86
Figura 64 - Motor colocado na zona inferior da máquina.	87
Figura 65 - Interface com o utilizador.	88
Figura 66 - Pormenor do suporte do rolo de etiquetas.	89
Figura 67 - Parafuso de fixação do cilindro.	90
Figura 68 - Remoção do vedante do motor.	90
Figura 69 - Carimbo acoplado ao êmbolo do cilindro.	90
Figura 70 - Carimbo utilizado.	91
Figura 71 - Mala de transporte do Jogo.	92

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Benefícios do Lean Thinking (adaptado de Burton, 2003).	8
Tabela 2 - Resumo da ferramenta 5S.	12
Tabela 3 - Principais características de alguns tipos de layouts (Silver e Peterson,1985).	18
Tabela 4 - Símbolos utilizados no VSM. (Baseada na tabela de Rother and Shook, 2003).....	25
Tabela 5 - Diferentes tipos de ensino - adaptada de Goguelin, (1973).	34
Tabela 6 - Jogos disponíveis no sítio da internet www.leangames.co.uk	37
Tabela 7 - Caracterização dos Jogos alguns jogos existentes.....	39
Tabela 8 - Componentes da caneta.....	47
Tabela 9 - Resumo do processo de montagem e embalagem das canetas e respectivos postos de trabalho.....	51
Tabela 10 - Correspondência código/elemento dos componentes da caneta utilizados no "Jogo" ..	53
Tabela 11 - Tempos e descrição de tarefas da simulação.....	59
Tabela 12 - Tempos obtidos na Primeira Iteração da Simulação Inicial.....	60
Tabela 13 - Dados retirados da Primeira Iteração da Simulação Inicial.	61
Tabela 14 - Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 1.	62
Tabela 15 - Tempos obtidos na Segunda Iteração da Simulação Inicial.....	62
Tabela 16 - Dados retirados da Segunda Iteração da Simulação Inicial.	63
Tabela 17 - Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 2.	64
Tabela 18 - Tempos e descrição de tarefas da simulação.....	66
Tabela 19 - Tabela com recodificação dos constituintes da caneta.....	71
Tabela 20 - Tempos obtidos na Simulação da ferramenta 5S.	72
Tabela 21 - Dados retirados da Simulação da ferramenta 5S.....	73
Tabela 22 - Dados estatísticos da simulação da ferramenta 5S.....	74
Tabela 23 - Tempos e Tarefas para a Simulação de Organização de Layout.....	76
Tabela 24 - Tempos obtidos na simulação da ferramenta Organização de Layout.....	79
Tabela 25 - Dados retirados da Simulação da ferramenta Organização de Layout.....	80
Tabela 26 - Dados estatísticos da simulação da ferramenta Organização de Layout.....	81
Tabela 27 - Tempos e descrição de tarefas da simulação.....	83

Acrónimos

BL	–	Balanceamento da Linha
JIT	–	Just-In-Time
MTBF	–	Mean Time Between Failures
MTTR	–	Mean Time to Repair
MUDA	–	Palavra japonesa que significa desperdício
RIEs	–	Rapid Improvement Events
SCM	–	Supply Chain Management
SMED	–	Single Minute Exchange of Dies
STP	–	Sistema Toyota de Produção
TPM	–	Total Productive Maintenance
TPS	–	Toyota Production System
TQM	–	Total Quality Management
VSM	–	Vallue Stream Mapping – Mapeamento da Cadeia de Valor
WIP	–	Work in Progress
ZQC	–	Zero Quality Control

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as empresas investem cada vez mais dinheiro e recursos para melhorar a sua competitividade. Uma das formas de atingir esse objectivo é otimizar os recursos, tempo e espaço. Cada vez mais as leis de mercado fazem com que haja uma maior competitividade, colocando pressão sobre as empresas, causando uma redução de custos aliada a melhores níveis de produtividade.

As ferramentas de melhoria Lean estão focadas na eficiência, isto é, em executar as actividades da forma mais racional possível com o objectivo de otimizar os recursos (pessoas, matérias-primas, tempo...). O termo "Lean" foi citado originalmente no livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (Womack, Jones, & Roos, 1990). Neste livro, ficam claras as vantagens do desempenho do Sistema Toyota de Produção: aumento da produtividade, qualidade, desenvolvimento de melhores produtos e explica, em grande medida, o sucesso da indústria japonesa.

Num ambiente competitivo e global, as empresas que produzem produtos que cumpram ou excedam as exigências dos clientes, criam uma significativa alavancagem competitiva que permite conquistar o mercado mais rápida e eficientemente. Num ambiente de constante competição, a produção de produtos que se distingam dos restantes tornou-se um requisito para o seu sucesso, tornando-se uma vantagem competitiva para quem os produz (Wheelright and Clark, 1992).

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Esta dissertação surgiu no âmbito do Projecto Internacional Lean Learning Academy, em que participa o Instituto Superior de Engenharia do Porto. No projecto surgiu a necessidade de desenvolver um jogo que simula a utilização das ferramentas Lean.

A escolha da metodologia de formação activa (Jogo) e não a expositiva ou aulas teóricas sobre o assunto estudado tem o fim de proporcionar aos alunos uma participação activa na aprendizagem das ferramentas Lean.

Para o desenvolvimento deste projecto foi criado um grupo de trabalho constituído por três alunos, sendo eles, Edgar Moutinho, Nuno Ferreira e Susana Sousa. Este grupo desenvolveu as simulações para conseguir obter a base para o jogo.

O jogo desenvolvido consiste numa simulação de fabrico de canetas que se inicia com a análise do processo e se identificam os pontos positivos e os seus constrangimentos. Após esta análise inicia-se a alteração do processo, inserindo as diferentes ferramentas Lean.

Cada elemento do grupo de trabalho estudou isoladamente as ferramentas que lhe foram atribuídas, tendo sido feita a seguinte distribuição das ferramentas:

- Edgar Moutinho: Value Stream Mapping (VSM), Single Minute Exchange of Die (SMED) e Balanceamento de linha.
- Nuno Ferreira: Organização de Layout, 5S e Total Productive Maintenance (TPM).
- Susana Sousa: Poka Yoke, Mizusumashi e Kanban.

1.2. OBJECTIVOS

Nesta dissertação, pretende-se desenvolver um jogo de simulação do Sistema de Produção Lean para ser utilizado como recurso didáctico que permita aos alunos uma aquisição dos princípios, conceitos, métodos e técnicas Lean.

As ferramentas Lean abordadas neste jogo de simulação são as seguintes:

- 5S;
- Organização de Layout;
- TPM.

A ferramenta 5S baseia-se numa lista de cinco palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. Estas quando traduzidas para português correspondem respectivamente a Arrumação, Ordenar, Limpar, Padronizar e Sustentabilidade. Esta ferramenta funciona como alicerce para o fluxo produtivo, o controlo visual e a estandardização das operações (Hirano, 2004).

A organização de Layout consiste em otimizar a disposição dos elementos de forma a ser criado um fluxo produtivo mais eficiente. A organização de Layout baseia-se em princípios simples, tais como: redução de deslocações, promoção do fluxo (materiais, pessoas e informação), gestão visual, flexibilidade e segurança.

A TPM é uma estratégia de manutenção que usualmente envolve uma mudança de mentalidades no que diz respeito às responsabilidades de cada um no seu posto de trabalho. Esta ferramenta requer o compromisso de todos os intervenientes no processo produtivo, desde os gestores de topo até aos funcionários que fazem parte do processo ou sistema (M.C. Eti, et al, 2009). Esta ferramenta foi desenvolvida para maximizar a eficiência dos equipamentos, estabelecendo um sistema de manutenção que os acompanha ao longo da sua vida útil. Todos os factores relacionados com o funcionamento eficiente dos equipamentos (planeamento, utilização, manutenção, etc.) são abrangidos por esta ferramenta (Kathleen E. McKone et al, 1997).

Para cada ferramenta Lean deve ser desenvolvida uma simulação que demonstre os benefícios da sua implementação.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é constituída por cinco capítulos, sendo este o capítulo introdutório ao estudo que pretendemos desenvolver do jogo. Neste capítulo é efetuada a contextualização do projecto e são descritos os objectivos que foram delineados.

O segundo capítulo é inteiramente dedicado à revisão bibliográfica, sobre o tema Lean Thinking, onde é abordada a origem do pensamento Lean, os seus princípios básicos, as suas técnicas e ferramentas, com particular foco nas ferramentas 5S, Organização de Layout e TPM.

O terceiro capítulo aborda diferentes metodologias de aprendizagem, onde se faz uma análise dos diferentes métodos e se refere a utilização dos jogos como um método de ensino. Também são identificados e caracterizados alguns jogos Lean existentes.

No quarto capítulo é descrito o desenvolvimento do Jogo, apresentadas as simulações e são indicados os resultados obtidos através da utilização das ferramentas Lean.

As conclusões obtidas nesta dissertação são apresentadas no capítulo 5. Neste mesmo capítulo são discutidas as dificuldades encontradas durante a realização desta dissertação e apresentadas ideias para futuros trabalhos.

2. PENSAMENTO LEAN

2.1. INTRODUÇÃO

De acordo com Womack e Jones (2003) o Pensamento Lean (Lean Thinking) é uma forma de especificar valor, ordenar na melhor sequência as acções que criam valor e efectuar as actividades sem interrupções aumentando a eficácia.

A transição de uma organização de um sistema funcional tradicional para um modelo operacional Lean requer muito apoio, comprometimento e crença no processo, a fim de evitar o retorno ao trabalho do dia-a-dia tradicional sem implementação das melhorias. Quando uma organização pretende proceder a uma transformação para um modelo operacional 'magro' deve ter em conta todos os níveis e aspectos das operações e da estrutura organizacional que precisam ser implementados para que a mudança seja um sucesso. Outro factor muito importante para o sucesso da mudança é a educação e formação de todos os intervenientes no processo (Potapchuk, 2003).

Na próxima figura, ilustram-se as forças favoráveis e de oposição à implementação de um modelo operacional Lean. Contudo, é sempre possível demonstrar que as forças que apoiam o modelo Lean são sempre muito maiores que as que lhe resistem (Melton, 2005).

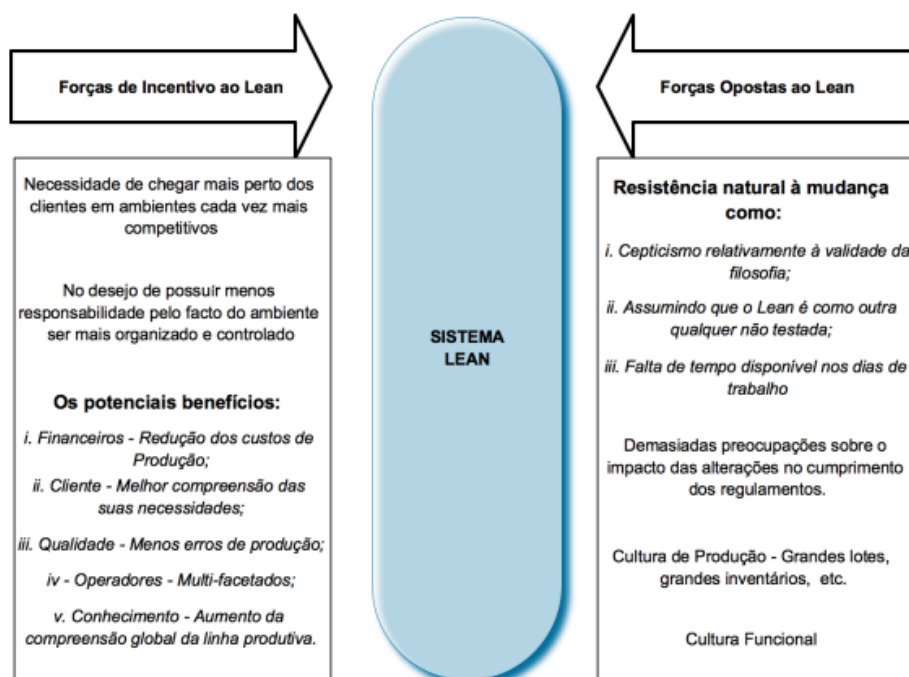


Figura 1 - Esquema ilustrativo das forças a favor e contra a implementação do pensamento Lean (Adaptado de Melton, pág. 664, 2005).

O Pensamento Lean é 'magro' porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, ou seja, menos esforço humano, organização dos equipamentos, diminuição do tempo e espaço e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais do produto desejado pelos clientes. Sendo assim, a base do pensamento lean é localizar e eliminar os desperdícios (muda), sendo estes tudo o que não agrega valor ao cliente (Womack e Jones, 2003).

2.2. ORIGEM DO LEAN THINKING

Womack e Jones após terem estudado o sucesso das empresas nipónicas, utilizam pela primeira vez o termo Lean Thinking no livro 'The machine that changed the world'. Este livro foi publicado nos Estados Unidos em 1990 e consiste num estudo abrangente sobre a indústria automóvel mundial realizada pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT).

O Lean Thinking é o resultado da combinação de conceitos de produção lean com um conjunto de princípios que se concentram no sentido da gradual eliminação do desperdício e criação de valor. Os princípios do Lean Thinking são utilizados para identificar o fluxo de valor, aumentar a qualidade e diminuir os custos. Segundo alguns autores, estes princípios podem ser aplicados em diversos tipos de ambientes industriais (Sousa e Voss, 2001).

2.3. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE DESENVOLVIMENTO DO LEAN

No livro Lean Thinking, Womack e Jones (2003) resumem os princípios que sustentam o pensamento Lean, sendo eles:

- Especificar precisamente o valor por produto: não é a empresa que define qual é o valor do produto, mas sim o cliente. A percepção das necessidades do cliente é essencial;
- Identificar o fluxo de valor para cada produto: as organizações têm que satisfazer todos as partes interessadas (stakeholders), criando valor nos produtos fornecidos. Para isso terá que definir para cada parte interessada a sua cadeia de valor. Este princípio indica que a empresa deverá encontrar um ponto de equilíbrio de interesses;
- Fazer o valor fluir sem interrupções: o fluxo produtivo deve ser contínuo, sem interrupções, para que não haja stocks intermédios. Assim, reduz-se o tempo de aprovisionamento (lead time) e aumenta-se a qualidade;
- Incentivar a melhoria contínua: esta prática deve ser reflectida a todos os níveis da organização, tendo em conta a opinião do cliente;
- O sistema Pull: o sistema pull faz com que seja o cliente a “liderar” os processos. A produção efetuada corresponde à que o cliente deseja, não havendo necessidade de produzir mais do que a quantidade necessária, e para a data que o cliente deseja. Desta forma é possível reduzir os stocks e valorizar o produto.

Os princípios básicos do Lean necessitam de especificar o valor do ponto de vista do cliente final por família de produtos, de identificar todas as etapas do fluxo de valor para cada família de produtos, eliminando os passos, as acções e práticas que não criam valor (Womack et al., 2003).

Os passos de criação de valor devem ocorrer numa sequência bem definida e alinhada para que o produto flua sem constrangimentos em direcção ao cliente. Com estes passos os gestores e as equipas de trabalho conseguem eliminar o desperdício e procurar a perfeição através da melhoria contínua (Womack et al., 2003).

2.4. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN THINKING

Os benefícios resultantes da eliminação dos desperdícios e actividades que não geram valor acrescentado através do processo produtivo são significativos, pois incrementam a rentabilidade e criam valor acrescentado para os clientes, o que por sua vez conduz a vantagens competitivas (Burton, 2003).

Um exemplo da adopção do Lean é a empresa General Electric Company (GE) que define o Lean Thinking como "a forma como trabalhamos - em tudo que fazemos e em cada produto e design. Não é um programa, é a base dos nossos valores fundamentais que conduzem à forma como a GE direcciona os seus negócios" (Burton, 2003).

Os resultados obtidos por várias indústrias que aplicaram o Lean Thinking indicam que os resultados na tabela seguinte são tangíveis.

Tabela 1 - Benefícios do Lean Thinking (adaptado de Burton, 2003).

Elemento Alterado	Benefício da implementação do Lean Thinking
Capacidade de Produção	10 a 20% de ganhos na capacidade de produtiva, otimizando os gargalos na produção.
Stocks	Redução de 30 a 40% nos stocks.
Tempo de Ciclo	Tempo de produção reduzido 50 a 75%.
Lead Time	Redução de 50% no tempo de aprovisionamento.
Tempo de desenvolvimento do Produto	Redução de 35 a 50% no tempo de desenvolvimento do produto.
Rendimento inicial da produção	Aumento de 5 a 15% no número de unidades produzidas.
Espaço Ocupado	35 a 50% de redução do espaço ocupado.
Serviço	Desempenho de entrega com 99% de eficácia.

Segundo Burton (2003) os principais benefícios da aplicação do Lean Thinking nas organizações podem ser divididos em internos e externos.

Os benefícios internos são os seguintes:

- Visão dos clientes, dos fornecedores e da organização interna como um modelo de empresa única;
- Alinhar as pessoas e o sistema produtivo para construir uma visão e estratégia para aplicar nas operações diárias;
- Fornecer um quadro integrado para a melhoria da totalidade do negócio;
- Simplificar as estruturas organizacionais, facilitando a comunicação entre as pessoas dos principais processos de negócios;
- Fornecer um meio de correlacionar actividades de melhoria do dia-a-dia com a estratégia global de negócios;
- Encaminhar as informações entre e dentro de funções através de práticas visuais simples;

Os benefícios externos são os seguintes:

- Criar um ambiente que antecipa as necessidades dos clientes e posiciona a organização para responder através de uma filosofia operacional deliberada;
- Estabelecer pontos fortes da organização que definem as expectativas dos clientes e são difíceis de igualar pela concorrência;
- Estabelecer níveis de desempenho e de boas práticas que estabelecem um patamar pelo qual os concorrentes serão avaliados;
- Produzir maior rentabilidade, as margens de lucro dos produtos efetuados são incrementadas;
- Reduzir o desperdício no stock, custo, qualidade, flexibilidade e tempo de resposta;

- Facilitar um bom relacionamento com o cliente e envolvimento do fornecedor desde a concepção à produção até a entrega.

2.5. AS TÉCNICAS E FERRAMENTAS LEAN ESTUDADAS

O principal objectivo das técnicas e ferramentas Lean é a eliminação de desperdício em todos os processos de fabrico, de tal forma que, diminuindo custos, se aumente a qualidade dos produtos. Para isso, é necessário aproximarmo-nos o mais possível de uma situação óptima, gastando só o indispensável para acrescentar valor ao produto (Alain Courtois et al., 2002).

Nesta dissertação são desenvolvidas três simulações para aplicação das seguintes ferramentas: 5S's, Organização de Layout e TPM.

2.5.1. 5S

A ferramenta 5S é um conjunto de actividades com objectivo de eliminar desperdícios na produção, diminuindo assim a ocorrência de erros, defeitos, e riscos para os operários. Neste método de melhoria, o quinto S, Sustentabilidade, é sem dúvida o mais difícil de implementar. É o que garante a continuidade dos restantes quatro S's, enfatizando as necessidades para que a ferramenta tenha continuidade, sendo elas, educação, formação e reconhecimento das boas práticas efetuadas pelos operários, tais como, organização dos procedimentos operacionais e do ambiente de trabalho. Este esforço exige uma melhoria desde a unidade operacional até à gestão de topo (Liker, 2003).

CONCEITOS ASSOCIADOS A CADA UM DOS 5S

A ferramenta 5S possui como base cinco palavras japonesas, *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, estas palavras traduzidas para português resultam em, Arrumar, Ordenar, Limpar, Padronizar e Sustentabilidade. Os 5S's podem ser articulados em torno de duas fases:

- 1ª Elevação ao nível adequado;
- 2ª Manutenção do nível atingido.

Dentro da fase de elevação ao nível adequado encontram-se três etapas: *Seiri*, *Seiton* e *Seiso*, já na fase de manutenção do nível atingido tem-se o *Seiketsu* e *Shitsuke* (Alain Courtois et al., 2002).

As etapas da ferramenta 5S são descritas abaixo:

- *Seiri* – Esta etapa consiste em separar o necessário do desnecessário. o que é necessário para os postos de trabalho.

Por norma, utiliza-se um sistema de classificação do tipo ABC (Alain Courtois et al., 2002):

- A – Corresponde à utilização diária;
- B – Corresponde à utilização semanal ou mensal;
- C – Corresponde à utilização rara.

Deste modo, pode-se determinar o que se deve manter no posto de trabalho, e o que se deve otimizar.

- *Seiton* – Nesta etapa procura-se organizar o posto de trabalho de modo a incrementar a sua funcionalidade. Posteriormente as regras de arrumação são definidas para que seja fácil encontrar as ferramentas necessárias para a actividade.
- *Seiso* – Esta etapa funciona de uma forma paralela em relação ao *Seiri* e *Seiton*, uma vez que a limpeza regular é uma forma de inspeccionar que também permite controlar o processo.

Deve-se identificar e tentar eliminar as causas da sujidade sempre que possível. Para isso, devemos definir o que deve ser limpo, assim como os meios a utilizar e a frequência de limpeza.

- *Seiketsu* – A aplicação do *Seiketsu* tem como principal objectivo que se evite o regresso aos velhos hábitos. Contudo, também permite definir as regras de arrumação e fazê-las respeitar.
- *Shitsuke* – Com esta etapa define-se o controlo da aplicação de todas as regras e decisões que foram tomadas ao longo dos quatro primeiros S's.

Para garantir a continuidade há aspectos a ter em conta:

- Instaurar regras de comportamento por meio de comunicação visual e da formação;

- Verificar se todos os intervenientes tem consciência da sua responsabilidade em relação as tarefas que efectuam.

A tabela seguinte resume a ferramenta 5S:

Tabela 2 - Resumo da ferramenta 5S.

Nome		Actividade	Resultado obtido	Frase característica
Japonês	Português			
Seiri	Arrumação	Remover itens desnecessários do local de trabalho.	Libertar espaço, eliminar itens obsoletos ou danificados, sucata e material em excesso.	- "Quando há dúvida, não utilizar!"
Seiton	Ordenar	Colocar tudo no local certo para ser utilizado.	Visualização da posição dos itens de uma forma fácil.	"Um lugar para tudo e tudo tem o seu lugar "
Seiso	Limpar	Limpar e eliminar a fonte de desperdícios.	Satisfação de trabalhar num ambiente limpo e arrumado.	"Inspeccionar através de limpeza"
Seiketsu	Padronizar	Tornar rotina e estabelecer normas para as melhores práticas.	Facilita e apoia as novas práticas.	"Tudo está pronto a ser usado"
Shitsuke	Sustentabilidade	Controlo da aplicação dos 4S anteriores.	Aumenta a moral, a produtividade, a segurança e a qualidade.	"A disciplina para manter o processo 100% activo"

BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA 5S

Através da aplicação da ferramenta 5S's criam-se zonas e locais de trabalho que permitem um fácil controlo visual e potenciam a gestão com base na filosofia Lean, ou seja, aumentos de produtividade, eliminação de desperdícios, e organização de tarefas que permitam criar valor para o cliente. Segundo os autores Alan Courtois et al. (2002) e Hirano (2004), os principais benefícios da metodologia 5S's são:

- Diminuição de defeitos de produção que proporcionam redução dos custos e aumento da capacidade produtiva;
- Diminuição de acidentes de trabalho com o objectivo de "Zero Acidentes";
- Diminuição de avarias dos equipamentos, optimizando a manutenção destes;

- Maior produtividade pela redução da perda de tempo a procurar objectos. Só permanece no local de trabalho os objectos realmente necessários e ao alcance da mão;
- Aumento da produtividade, através da redução de tempo na procura de objectos;
- Maior satisfação dos clientes;
- Diminuição das não-conformidades, com uma inerente qualidade de produtos e serviços;
- Uma maior rapidez na utilização de materiais e visualização dos problemas;
- Maior satisfação das pessoas com o trabalho, com a disciplina e padronização dos trabalhos.

A figura seguinte demonstra os benefícios obtidos com a implementação da ferramenta 5S.

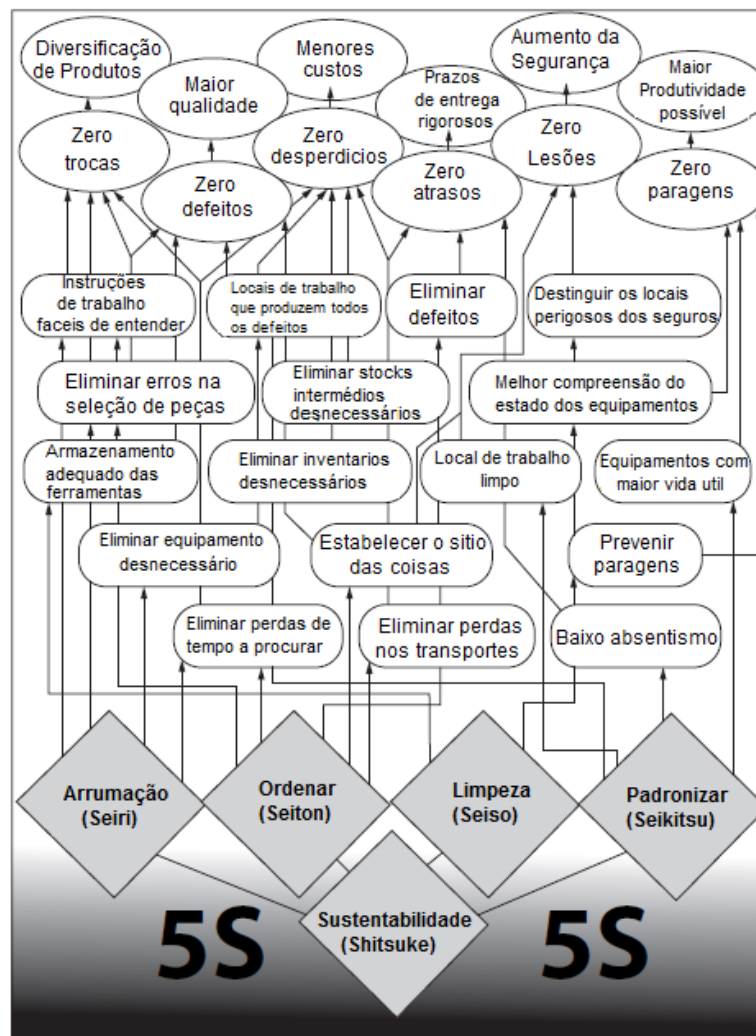


Figura 2 - Benefícios da implementação dos 5S (Hirano, 2004).

ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA 5S

Os sistemas lean utilizam os 5S como suporte para um funcionamento fluido dos fluxos produtivos. Os 5S podem também ser uma ferramenta útil para tornar mais visíveis os problemas. Como preconiza Hirano, os 5S, se rentabilizados, podem, no limite, ser parte do processo de gestão visual de um sistema lean bem planeado (Liker, 2003).

Para Hirano (1994), antes de iniciar as actividades do 5S's, deve-se tirar fotografias do local de trabalho. Elas serão muito úteis em comparações quando os 5S's estiverem em plena actividade. Hirano (1994) defendeu que:

- Deve-se definir claramente o local em que cada fotografia será tirada para que se possa comparar fotografias antes e depois;
- Colocar as datas nas fotografias retiradas;
- Tirar fotografias coloridas, para facilitar a organização por cores;
- Antes do início da aplicação dos 5S devem ser elaborados formulários para avaliação de cada etapa da implementação. Através desses formulários poderemos visualizar se todas as etapas estão a ser cumpridas e onde há falhas.

Após a análise da situação inicial, deve-se proceder à implementação dos 5S's onde todos os membros do grupo devem estar envolvidos. Segundo Alain Courtois (2002) para que a implementação dos 5S's tenha sucesso é necessário:

- Motivar os quadros;
- Dar formação aos Colaboradores sobre o método;
- Fazer o ponto de situação das instalações (ter em conta a análise visual inicial);
- Definir uma zona piloto para iniciar a implementar a ferramenta;
- Criar uma comissão de gestão de implementação;
- Formar o grupo de trabalho piloto;
- Criar um painel dos 5S's;
- Avançar com o trabalho de grupo;

- Implementar as 5 etapas da ferramenta;
- Generalizar a todas as secções.

2.5.2. ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT

Esta técnica é a que traz maiores mudanças na organização dos colaboradores, apesar de se basear em princípios simples, tais como: redução de deslocações, promoção do fluxo (materiais, pessoas e informação), gestão visual, flexibilidade e segurança.

A organização de layout procura melhorar a utilização dos recursos disponíveis através de possibilidades de combinações que maximizem ou minimizem algum objectivo estabelecido (por exemplo, minimização das deslocações).

Uma das ferramentas mais utilizadas para otimizar as deslocações são os “Spaghetti Diagrams”. Estes são desenhados individualmente para que cada elemento que efectue o estudo possa definir o seu layout (Keller, 2005).

O Spaghetti Diagram é uma ferramenta gráfica usada para indicar o movimento dos materiais ou pessoas (Keller, 2005). Esta ferramenta pode ser utilizada para melhorar a disposição física dos locais de trabalho através da representação do fluxo físico de trabalho ou de um material num processo (George, 2005).

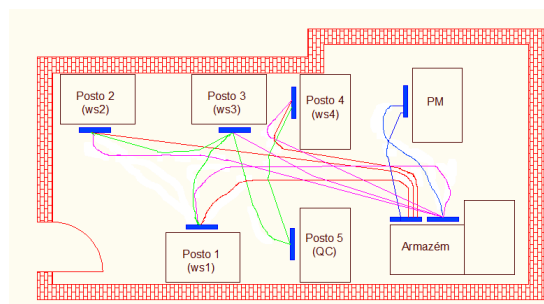


Figura 3 - Exemplo de um Spaghetti Diagram utilizado no desenvolvimento do jogo.

O objectivo de utilizar o Spaghetti Diagram é o de identificar os movimentos desnecessários de material ou de pessoas para melhorar a disposição do local de trabalho. Com esta ferramenta procuram-se oportunidades para mover as etapas do processo de forma a otimizar as deslocações entre postos de trabalho (George, 2005).

Segundo George (2005) para criar um Spaghetti Diagram necessitamos de:

- Conhecer bem o layout, ou planta da área física utilizada pelo processo;
- Trabalhar a partir de um fluxograma existente das etapas do processo;
- Marcar o local onde ocorre o primeiro passo do processo e desenhar uma seta a partir daí para o segundo passo, etc. Continuar até ter mapeado todos os passos do processo;
- Debater o resultado obtido no diagrama final com o objectivo de melhorar o fluxo de trabalho.

A ferramenta Organização de Layout depende de diversos factores, tais como, distância percorrida no transporte de materiais, fluxo produtivo, tamanhos de lote, entre outros.

A função que se segue, é uma das funções que permite obter um layout com a maior eficiência operacional possível, minimizando a função de fluxo de trabalho ponderada:

(1)

Onde:

- d_{ij} é a distância rectilínea da área i à área j ;
- f_{ij} é o fluxo por unidade de tempo da área i à área j ;
- W_{ij} é o peso atribuído ao fluxo;

Nos pesos atribuídos ao fluxo foram atribuídos os seguintes valores:

- 1,0 para os fluxos que se relacionam com a produção efectiva;
- 0,5 para os transportes.

A organização que obtemos com a função acima descrita, irá produzir um layout geral, que pode exigir algumas modificações para estar de acordo com limitações físicas na instalação (JOSEPH,2006).

CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE LAYOUT

A caracterização dos tipos de layout baseia-se essencialmente na disposição física que se estabelece para os recursos produtivos (pessoas, mecanismos, espaços e outros) (Cavaco, 2008).

Existem diversos tipos de layouts, dos quais se destacam os quatro tipos mais comuns (Dilworth, 1996):

- Layout funcional ou por processo;
- Layout em linha ou por produto;
- Layout posicional;
- Layout celular.

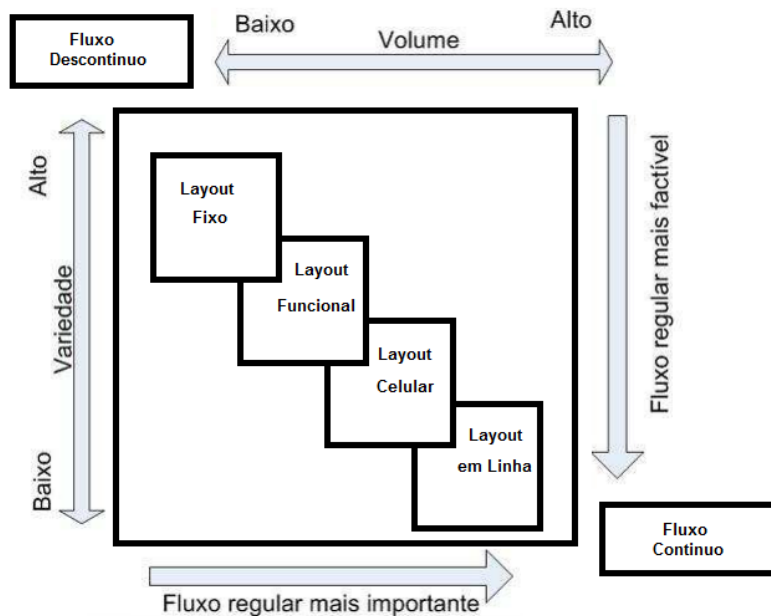


Figura 4 - Matriz comparativa dos diferentes layouts (Slack, Chambers and Johnson, 2002).

O layout funcional (Job Shop) é caracterizado por grandes variedades de componentes e máquinas de uso genérico. As máquinas são agrupadas por função e as peças são movimentadas pela fábrica para as várias máquinas (Black, 1998).

O layout em linha ou por produto (Flow Shop) consiste em operações standard e bem definidas, sistematizáveis e de tempos conhecidos, o grau de automatização é relativamente alto, o investimento elevado e a tecnologia é desenvolvida à medida das necessidades. Este layout está vocacionado para grandes produções com diversificação baixa, flexibilidade reduzida, adequado a procura estável e produção para stock (Cavaco, 2008).

O layout posicional difere do conceito dos outros layouts, no layout posicional as estações de trabalho são movimentadas até os materiais, este tipo de layout é muito particular e, normalmente, é utilizado no fabrico de produtos de grande porte ou produtos que permanecerão fixos no local de fabrico (Tompkins et.al.,1996).

As células de produção são a forma de organizar o layout onde se alia a eficiência à flexibilidade explorando e utilizando a similaridade entre componentes. Os componentes são agrupados em famílias baseados em similaridades de forma, processo de produção ou ambos. Após a análise dos produtos as máquinas são agrupadas em células para fabricar esses componentes (Al-Mubarak, 2003).

As principais características dos tipos de layout referidos acima são apresentadas na seguinte tabela:

Tabela 3 - Principais características de alguns tipos de layouts (Silver e Peterson,1985).

	Layout funcional ou por processo	Layout em linha ou por produto	Layout posicional	Layout celular
Tipos de máquinas	Flexíveis, universais	Especiais, propósito único	Devem atender a propósitos gerais	Flexíveis, universais
Tempos de preparação de máquinas	Longos	Longos	Variáveis	Curtos
Mão-de-Obra	Especializada	Pouco Especializada	Especializada	Especializada
Inventários	Grandes e com grande diversidade	Grandes, para suprir emergências	Variáveis	Pequenos
Tamanhos dos lotes	Pequenos a tender para médios	Grandes	Pequenos	Pequenos
Ciclos de produção	Longos e variados	Pequenos e constantes	Longos e variados	Curtos
Prejuízos com avarias de máquinas	Variáveis	Grandes	Variáveis	Variáveis
Produtividade	Baixa	Alta	Variável	Alta
Flexibilidade	Alta	Baixa	Variável	Alta

Os layouts podem apresentar-se sobre outras formas, isto é, podem existir desvios dos métodos tradicionais de organização, e assim obtemos os layouts mistos ou híbridos. Este tipo de layout é utilizado quando se deseja aproveitar as vantagens dos diversos tipos de layouts conjuntamente.

Os layouts mistos ou híbridos correspondem às combinações de diferentes tipos de layouts em função de um determinado processo produtivo. Pode-se ter uma linha constituída por vários layouts, conforme as necessidades para fabricar o produto (Slack, Chambers and Johnson, 2002).

2.5.3. TPM

A TPM (Manutenção Produtiva Total) foi desenvolvida no Japão a partir dos anos 70 e teve rápida expansão graças aos excelentes resultados que a sua prática revelou nas empresas que a adoptaram e ao forte envolvimento da *Japan Managment Association*, nomeadamente através da acção do *Japan Institute of Plant Maintenance*, no sentido da sua promoção, divulgação e apoio em consultoria e formação (Pinto, 2002).

A TPM foi criada e implementada por Nakajima, vice-presidente do *Japan Institute of Plant Maintenance*, no Japão em 1971 e pode ser considerada uma evolução da manutenção preventiva. Ele define-a como sendo “manutenção conduzida com a participação de todos” (Nakajima, 1989). O TPM é no fundo uma ferramenta com a qual se pretende maximizar a eficiência do equipamento para toda a sua vida e ao mesmo tempo melhorar a sua longevidade (Nakajima, 1988).

Os objectivos principais do TPM são o aumento da fiabilidade dos equipamentos, a eliminação das quebras e melhoria do índice de disponibilidade dos equipamentos (Nakajima, 1989).

Esta ferramenta é uma forma sistemática para eliminar os desperdícios, nela são identificadas as causas e efeitos dos desperdícios que vão apoiar na definição das acções preventivas e correctivas (Messel, 2004).

Os objectivos comuns entre a manutenção e produção são definidos pela TPM através do estabelecimento de sistemas de treino, encorajamento de auditorias (internas e externas), utilização de ferramentas de diagnóstico e redução das variações de processo (Messel, Gregg, 2004).

Nesta ferramenta os objectivos principais são:

- Alterar hábitos;
- Optimizar processos e equipamentos;
- Envolver todos os operários no processo;
- Desenvolver processos pró-activos nas operações e manutenção dos equipamentos.

Cálculos de engenharia, tais como, tempo médio entre falhas (MTBF - sigla da expressão inglesa Mean Time Between Failures) e tempo médio de reparo (MTTR - sigla da expressão inglesa Mean Time to Repair) devem ser usados para ajudar a definir os planos de manutenção. Estes cálculos irão fornecer as informações necessárias para definir prazos de manutenção e redefinição de intervalos entre manutenções. Estes indicadores juntamente com o bom uso das tecnologias de manutenção preditiva devem evitar quaisquer condições de redução da capacidade de desenvolver operações (Wireman, 2003).

A relação entre os vários tipos de indicadores da manutenção é mostrada na figura abaixo. Cada nível destaca um indicador. A causa de qualquer problema e as soluções subsequentes são dadas através da análise dos indicadores do nível imediatamente inferior (Wireman, 2003).

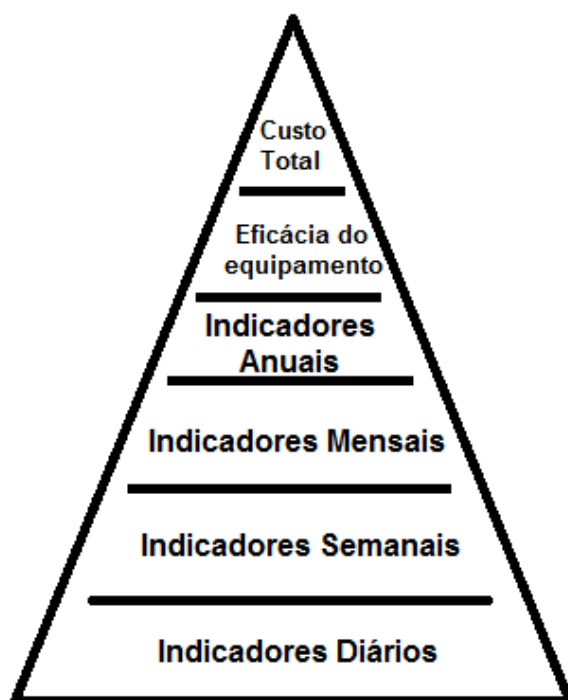


Figura 5 - Indicadores da manutenção (Wireman2003).

ANÁLISE DA EFICÁCIA DA FERRAMENTA TPM

Para analisar a eficácia da ferramenta TPM devemos ter em conta a Taxa de Rendimento Sintética (TRS) que determina o rácio entre o tempo de utilização efectiva de um recurso de produção e o tempo utilizado. Existem várias fórmulas que permitem calcular a TRS, segundo Alain Courtois (2002), uma das fórmulas mais utilizadas é:

(2)

Com estas fórmulas conseguimos definir valores-objectivo e podemos avaliar a eficácia global do modelo.

OITO PILARES DO TPM

O modelo do TPM baseado em oito pilares é implementado desde 1997 e propunha-se a satisfação global, onde se pretendia aumentar o rendimento na produção e redução de custos (Venkatesh, 2007).

Actualmente os oito pilares são:

- Educação e Formação (competências de Manutenção e Produção);
- Manutenção Autónoma;
- Melhoria do Equipamento;
- Manutenção Planeada;
- Controlo Inicial;
- Manutenção da Qualidade;
- Segurança, Higiene e Meio Ambiente;
- Departamentos Administrativos;

O pilar Educação e Formação é um pilar bastante importante no alicerçamento da implementação da metodologia TPM, na medida em que tem como principal objectivo desenvolver novas habilidades e conhecimentos para o pessoal da manutenção e da produção para que saibam o que fazer para superar os problemas, de forma a eliminar as ineficiências dos equipamentos (Venkatesh, 2007).

O pilar Manutenção Autónoma tem por base os 5S's como ferramenta para sustentar o arranque da Manutenção Autónoma. Esta manutenção é desenvolvida pelos operadores de

produção e tem por objectivo manter os equipamentos em boa condição, impedindo a sua deterioração, através de actividades elementares como limpeza, lubrificação e inspecção (Venkatesh, 2007).

O pilar de Melhoria do Equipamento tem como base, técnicas ou metodologias de melhoria contínua que fazem com que os equipamentos utilizados estejam isentos de falhas, e trabalhem em excelente estado de conservação (Venkatesh, 2007).

A Manutenção Planeada tem como propósito, manter os equipamentos livres de falhas, de forma a serem produzidos produtos igualmente isentos de problemas, de modo a conseguir satisfazer totalmente as expectativas dos clientes (Venkatesh, 2007).

O pilar Controlo Inicial tem como finalidade, o planeamento e desenvolvimento de actividades de melhoria, logo na fase de projecto de novos equipamentos ou durante a remodelação de equipamentos já existentes, de forma a obter equipamentos livres de falhas, livres de manutenção, a laborarem na melhor condição possível, e de modo a produzirem os mais altos resultados com o menor investimento possível (Venkatesh, 2007).

O pilar Manutenção da Qualidade concentra-se na total satisfação do cliente (interno e externo), excedendo as expectativas sempre que possível, produzindo produtos isentos de problemas (Venkatesh, 2007). Neste pilar, a adopção de uma postura proactiva ao invés de uma postura reactiva é de vital importância, uma vez que, deste modo se garante a Qualidade final do produto (Venkatesh, 2007).

A Segurança, Higiene e Meio Ambiente centra-se na criação de locais de trabalho e zonas circundantes, limpos, isentos de poluição, seguros e ergonomicamente correctos (Venkatesh, 2007).

O pilar dedicado aos Departamentos Administrativos tem como intuito, criar as condições ideais à implementação do TPM, bem com as condições ideais de funcionamento dos referidos departamentos (Venkatesh, 2007).

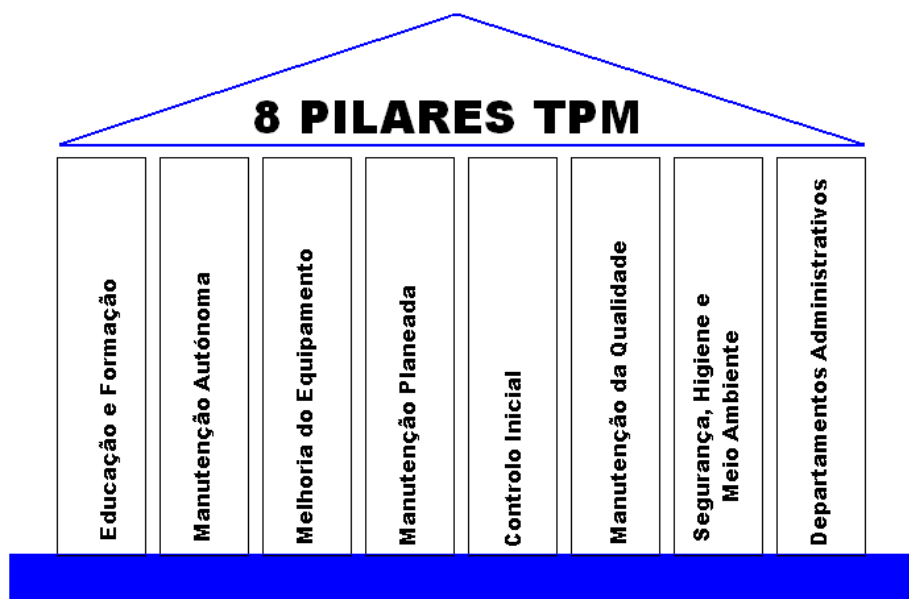


Figura 6 - Oito Pilares do TPM (adaptado de Venkatesh, 2007).

METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DO TPM

A metodologia de implantação do TPM proposta pelo Japan Institute of Plant Maintenance tem 12 etapas, segundo Pinto (2002) as etapas são as seguintes:

- Informação da Administração da empresa aos colaboradores da decisão de implementação do TPM;
- Divulgação, informação e formação através da realização de seminários;
- Criação de uma estrutura de promoção e dinamização do TPM;
- Definição das linhas de acção e objectivos a alcançar;
- Estabelecimento do plano director do TPM;
- Arranque dos trabalhos;
- Melhoria da eficácia das máquinas e equipamentos (selecção das máquinas e equipamentos a afectar e formação dos grupos de projecto);
- Desenvolvimento da manutenção autónoma;
- Organização da gestão de manutenção (preventiva, sistemática e condicionada);

- Formação complementar em operação e manutenção dos equipamentos e máquinas com acções de formação dos encarregados e chefes de equipa, formação que deve incluir a metodologia da sua transmissão aos restantes colaboradores;
- Criação ou adaptação do sistema e da estrutura responsável pela concepção dos equipamentos aos objectivos do TPM;
- Definição de um novo programa com base na experiência recolhida e definição de novos objectivos.

2.5.4. OUTRAS FERRAMENTAS LEAN

Além das ferramentas Lean simuladas, existem outras ferramentas que serão enumeradas nos pontos abaixo.

VALUE STREAM MAPPING (VSM)

O mapeamento do fluxo de valor (Value Stream Mapping) é uma ferramenta de diagnóstico muito eficaz no auxílio ao reconhecimento e eliminação de desperdícios. Esta ferramenta serve como ponto de partida para apoiar a gestão, engenharia, fornecedores e clientes no reconhecimento dos desperdícios e a identificar as suas causas. Posteriormente, a sua análise originará oportunidades de melhoria para o desenvolvimento do estado futuro do processo produtivo (Mohammad and Inamdar, 2010).

Esta ferramenta permite visualizar o percurso (ou mapa) de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia de valor (entende-se por cadeia de valor o conjunto de todas as actividades que ocorrem desde a obtenção de matéria-prima até à entrega ao cliente final do produto ou serviço). Trabalhar a partir da perspectiva da cadeia de valor garante ao gestor uma visão global dos processos, não se centrando somente em processos individuais ou na organização das partes (Rother and Shook, 2003).


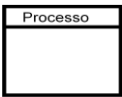
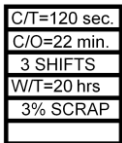





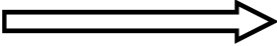

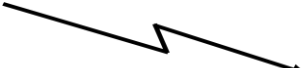

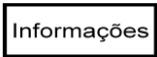


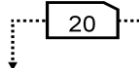
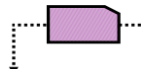



As principais vantagens desta ferramenta são (Rother and Shook, 2003):

- Identificação das actividades que acrescentam valor;
- Identificação das actividades que não acrescentam valor, mas são necessárias e as que são desnecessárias;

- Melhorar a compreensão de sistemas produtivos complexos;
- Fornece uma linguagem simples e fácil para tratar dos processos produtivos;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- É uma ferramenta qualitativa que descreve em detalhe como as unidades produtivas deveriam operar para criar um fluxo que agregue valor.

A tabela seguinte demonstra a simbologia utilizada para efectuar os mapas no VSM.

Tabela 4 - Símbolos utilizados no VSM. (Baseada na tabela de Rother and Shook, 2003)

 Fornecedores/Clientes	 Processo	 Caixa de dados	 Operador
 Inventário	 Transporte terrestre	 Transporte aéreo	 Fluxo de produção "Push", produção tradicional.
 Fluxo do produto final para o Cliente	 Fluxo de informação física	 Fluxo de informação electrónica	 Recolha de materiais
 Informações	 Nivelamento da produção	 Fornecimento intermédio	 Kanban de Produção
 Kanban de transporte	 Kanban de sinal	 Posto de Kanban	 Stock de segurança

SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED)

O SMED surgiu da experiência real adquirida pelo consultor Shigeo Shingo ao resolver os problemas de falta de produtividade de um conjunto de prensas, na fábrica da Mazda em Hiroshima (SHINGO, 1985).

Para a aplicação do SMED, Shingo dividiu as operações que compõem a troca de ferramenta em duas partes:

- Operações Internas - São aquelas que implicam a paragem da máquina, implicando uma quebra de produção;
- Operações Externas - São as que podem ser efectuadas com a máquina em produção.

Na próxima figura podemos verificar a representação gráfica do SMED contendo os estágios conceptuais e suas respectivas técnicas.

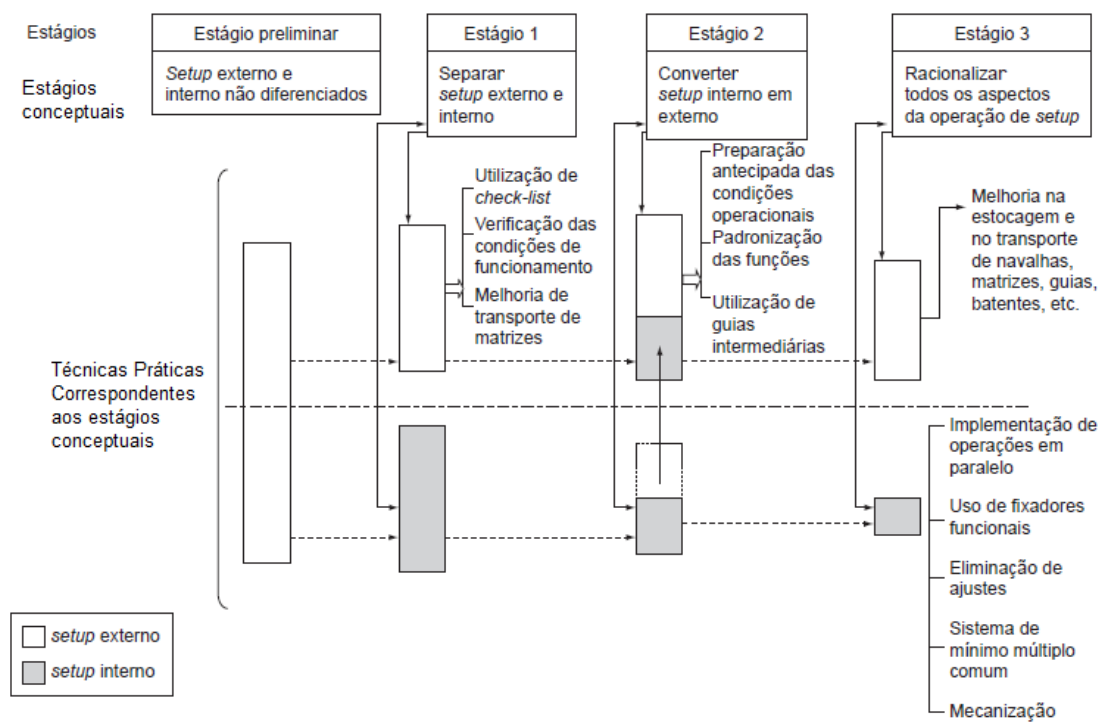


Figura 7 - Representação gráfica do SMED (Shingo, 2000).

No relato da criação do SMED, Shingo distingue três etapas para o desenvolvimento da ferramenta que foi concebida ao longo de 19 anos, sendo elas:

Primeira etapa - Ocorreu na fábrica da Mazda Toyo Kogyo em 1950, na cidade de Hiroshima, onde foi analisada a actividade de troca de matrizes das prensas, Shingo identificou e classificou como setup interno o conjunto de actividades realizadas com a máquina parada, e setup externo como o conjunto de operações realizadas com máquina em funcionamento (Shingo, 1985).

Segunda etapa – No estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, em Hiroshima no ano de 1957, na qual foi realizada a duplicação de ferramentas para que o setup fosse feito separadamente, gerando um aumento de 40% na produção (Shingo, 1985).

Terceira e última etapa - Ocorreu em 1969 na Toyota Motors Company, onde se diminuiu a operação de setup de uma prensa de 1.000 toneladas aplicando-se mais esforços na redução do tempo, gerando o conceito de conversão de setup interno em setup externo, isto é, a transferência de algumas actividades com a máquina parada para o momento que esta estivesse a funcionar. Dessa forma, houve uma considerável redução do tempo da máquina parada (Shingo, 1985).

O SMED tem por objectivo a redução dos tempos de mudança de produto, aplicando uma reflexão progressiva, desde a organização do posto de trabalho até à sua automatização (Alain Courtois et al., 2002)

BALANCEAMENTO DE LINHAS

Uma Linha de produção pode ser entendida como uma forma de produção em série, onde vários operários trabalham de forma sequencial e cuja sequência é ditada pela lógica das sucessivas operações a realizar e descritas na gama operatória (Assis, 2011).

Balanceamento de linha de montagem, ou simplesmente balanceamento de linha (BL), é o problema de atribuição de operações para estações de trabalho ao longo de uma linha de montagem, de tal maneira que a atribuição seja considerada óptima (Falkenauer, 2005).

Desde que Henry Ford introduziu a produção em massa do automóvel Ford T criando linhas de montagem, o balanceamento da linha tem sido um problema de organização de grande importância industrial (Falkenauer, 2005).

No balanceamento de linha para se calcular a eficiência recorre-se à seguinte equação (Falkenauer, 2005):

(3)

Onde:

- T – Soma dos tempos das tarefas;
- Na – Numero Actual de Postos de trabalho;
- C – Tempo de Ciclo.

Com a equação seguinte pode-se retirar o número mínimo de postos de trabalho (N_t):

(4)

O valor de N_t deve-se aproximar sempre do valor inteiro superior ao obtido.

POKA YOKE

O Poka Yoke foi introduzido pelo Dr. Shiengo Shingo em 1961, altura em que era engenheiro industrial da Toyota. Trata-se de um mecanismo de detecção de erros que impede que uma operação seja feita de forma irregular (Ghinato, P., 2000).

Com a adopção do Poka Yoke pretende-se criar métodos, ferramentas ou equipamentos que auxiliem na prevenção de erros que possam originar defeitos.

Um exemplo de um Poka Yoke são as conexões dos periféricos de um computador, onde cada conexão só pode ser ligada a um periférico específico.

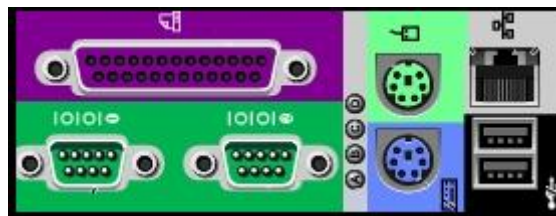


Figura 8 - Poka Yoke utilizado para as conexões dos periféricos de um Computador.

Poka-yoke é uma palavra do calão japonês que significa “à prova de erros”. Separadamente, “poka” traduz “erros inadvertidos” e “yoke” significa “prevenir” ou “evitar”. Esta ferramenta é um dos principais componentes do sistema de qualidade desenvolvido por Shigeo Shingo,

onde se efectua um controlo direccionado para os zero defeitos. Através da utilização de Poka Yoke, foram criados diversos dispositivos que são usados para detectar ou impedir que ocorram defeitos. Estes métodos Poka Yoke são formas simples que ajudam a atingir zero defeitos (Fonte: www.isixsigma.com, 2012).

MIZUSUMASHI

A ferramenta mizusumashi surgiu no sistema de produção Toyota como um meio para se atingir o JIT. Também chamado de comboio logístico, é um género de tractor eléctrico conduzido por um operário, que funciona como rebocador de vagões desenhados à medida das peças a transportar (Moura e Botter, 2002).

A missão desta ferramenta é levar para a linha de produção, através de circuitos padronizados, o que é necessário, quando é necessário, na quantidade necessária e na qualidade certa (Moura e Botter, 2002).

Sempre que possível o comboio logístico transportará as peças já dentro de caixas normalizadas, devidamente acomodadas de modo a que o transporte não as danifique (Moura e Botter, 2002).

A cada caixa deverá estar associado um Kanban. Como se pode constatar os Kanbans fazem parte integrante do trabalho de um mizusumashi e são eles que o “controlam”. O tempo de ciclo de um mizusumashi é directamente proporcional à quantidade de inventário. Quanto menor for o ciclo menor é o inventário, e consecutivamente maior é a frequência de abastecimento (Moura e Botter, 2002).

Esta ferramenta apresenta diversas vantagens, sendo elas (Moura e Botter, 2002):

- Apenas os materiais necessários são entregues (uso de caixas e contentores com dimensões padronizadas adequadas às necessidades);
- O abastecimento é normalizado e planeado evitando roturas por falta de materiais;
- Há apenas um interveniente no manuseamento de materiais (comboio logístico);
- Entregas frequentes e de acordo com as necessidades de cada posto de trabalho;
- Entregas de múltiplos materiais e componentes (em pequenas quantidades);

- Melhor utilização do comboio logístico (usados em ambos os sentidos: leva contentores cheios e trás contentores vazios).

KANBAN

Kanban é um termo do vocabulário corrente japonês que significa etiqueta ou marca. O método Kanban baseia todo o seu funcionamento na circulação de cartões. (Alain Courtois et al., 2002).

A ferramenta Kanban é originária do Toyota Production System (TPS) e apresenta uma simplicidade estrutural e de operação muito interessante. A principal função desta ferramenta é regular o fluxo produtivo global, conservar stocks num nível mínimo, enquanto se proporciona um controlo visual com a finalidade de executar as funções com a maior precisão possível (Shingo, 1989).

Como a ferramenta Kanban é baseada na filosofia de produção Toyota, esta tem como principal objectivo a melhoria contínua e a procura constante da maior eficiência no processo (Ohno, 1988).

O Kanban é uma ferramenta baseada em dois pilares do Sistema Toyota de Produção, que são o just-in-time e automação com um toque humano (Ohno, 1988).

O Kanban, só se aplica em fábricas cuja produção é repetitiva, sendo que instabilidades temporais ou quantitativas podem afectar a utilização da ferramenta (Shingo, 1989).

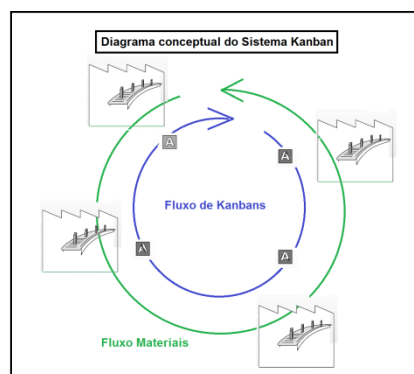


Figura 9 - Diagrama conceptual do sistema Kanban (Adaptado de Alain Courtois et al., 2002).

O Sistema Kanban foi desenvolvido (há mais de 20 anos), por Taiichi Ohno, vice-presidente da Toyota, para alcançar os seguintes objectivos (Singh, 1995):

- Reduzir custos, eliminando resíduos / desperdícios;
- Criar locais de trabalho que possam responder rapidamente às mudanças;
- Facilitar os métodos para alcançar e garantir o controlo da qualidade;
- Projectar os locais de trabalho de acordo com a dignidade humana, a confiança mútua e apoio, e permitir que os Colaboradores atinjam seu potencial máximo.

Nessa época, Ohno verificou que “as empresas têm sempre tendência a produzir em excesso” e procurou encontrar uma forma de produzir (Alain Courtois et al., 2002):

- O produto que o cliente pretende e não outro diferente;
- No exacto momento que o produto é encomendado;
- Com a quantidade certa que estava indicada na encomenda.

O número de kanbans utilizados pode ser definido pela seguinte equação

$$\text{---} \quad (5)$$

Onde:

- D = Consumo médio de produtos pelos clientes por unidade de tempo;
- L = Prazo de disponibilização dos produtos;
- G = Factor de gestão: factor de cobertura de imprevistos e mudanças de série;
- C = Número de peças existentes num contentor.

2.6. RESUMO

Neste capítulo inicialmente foi descrita a origem do pensamento Lean (magro) e os princípios básicos do seu desenvolvimento tendo em conta as premissas de Womack e Jones (2003). Os benefícios da utilização dos princípios Lean foram descritos e de seguida foi apresentada uma análise aprofundada das ferramentas que serão utilizadas nas simulações (5S, Organização de layout e TPM), relativamente às ferramentas estudadas pelos restantes elementos do grupo de trabalho, foi efetuada uma descrição breve.

No estudo das ferramentas verificou-se que o seu principal objectivo é localizar e eliminar os desperdícios (muda), ou seja, diminuir o esforço humano, otimizar o espaço utilizado, diminuir o tempo utilizado nas operações e organização dos equipamentos.

3. METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM – JOGOS DIDÁCTICOS

3.1. TIPOS DE ENSINO

A existência de uma grande diversidade de métodos de ensino faz com que não possa ser definida uma classificação universal dos métodos pedagógicos. Contudo, podemos agrupá-los em três grandes grupos: Métodos Verbais (expositivos e demonstrativos), Métodos Intuitivos e Métodos Activos. Esta classificação tende a ser feita em função do recurso pedagógico que é particularmente valorizado (Goguelin 1973).

Segundo Goguelin (1973), podemos dividir os tipos de ensino de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 5 - Diferentes tipos de ensino - adaptada de Goguelin, (1973).

Verbais	Intuitivos	Activos
Exposição	Demonstração	Trabalhos em Grupo, em Equipa e de Projecto
Explicação	Audiovisuais	Estudo de Casos
Diálogo	Textos Escritos	Simulação e Jogos
Debates		
Conferências		

O método verbal de transmissão dos saberes continua a ser o mais clássico. A sua enorme diversidade decorre da multiplicidade de formas a que se pode recorrer para expor ou interrogar os alunos sobre um dado tema (Goguelin 1973).

O método intuitivo pretende mostrar algo a alguém para que possa intuir, apreender ou perceber o que se pretende transmitir.

John Dewey (1998) concebeu a educação baseada na acção. O seu método de ensino activo assenta nos seguintes princípios:

- O aluno só aprende bem quando o faz por observação, reflexão e experimentação (autoformação);
- O ensino dever ser adaptado à natureza de cada aluno (ensino-diferenciado);
- Deve desenvolver, não apenas a sua formação intelectual, mas também as suas aptidões manuais, assim como a sua energia criadora (educação integral);
- A matéria de ensino deve ser organizada para que se produza um efeito global na formação do aluno (ensino global);
- O ensino deve contribuir para a socialização do aluno, por meio de trabalhos em grupo, respeitando e fortalecendo sempre a individualidade dos alunos. A educação é vida e educar é preparar para a vida (ensino socializado).

O método activo tem vindo a impor-se devido a cinco razões essenciais (Dewey,1998):

- A crescente importância dada às vivências individuais;
- O aumento da motivação ligada a actividades que envolvem directamente o formando;
- A necessidade incrementar os hábitos de trabalho em grupo, para o aperfeiçoamento das relações humanas;
- A mudança do papel do formador, este deixou de ser visto como o detentor do saber, para ser encarado como um facilitador e animador;
- A evolução dos métodos de controlo, que passaram de um sistema de autoritário, para outros baseados no auto-controlo, auto-avaliação dos indivíduos e do grupo.

3.2. UTILIZAÇÃO DOS JOGOS COMO MÉTODO DE ENSINO

Quando se utilizam jogos de simulação como metodologia de ensino, tem-se de definir as regras para os participantes, uma vez que estes terão de enfrentar desafios de tomadas de decisão que reproduzem situações reais, mas num cenário simulado (Gramigna, 1993).

Antes de se estruturar um jogo é necessário conhecer todos os aspectos deste, sendo assim, deve-se analisar os seguintes aspectos (Gramigna, 1993):

- Objectivos do jogo;
- Necessidades técnicas (Equipamentos, documentação, etc.);
- Complexidade das tarefas do jogo;
- Perfil dos participantes;
- Espaço disponível para a actividade.

Para a preparação das actividades dos jogos de simulação é necessário considerar alguns aspectos, tais como (Gramigna, 1993):

- Fase inicial – O facilitador descreve as diversas actividades aos participantes;

- Discussão preliminar – O facilitador interage com os participantes para compartilharem experiências e definirem o melhor caminho para iniciarem os trabalhos;
- Conclusões após simulação – os participantes têm a oportunidade de analisar o ocorrido durante a simulação, avaliando sua actuação e estabelecendo relações com o resultado obtido;
- Oportunidades de melhoria – todas as conclusões e análises realizadas pelo grupo servirão de base para o estabelecimento de melhorias e mudanças.

É importante salientar que os jogos são meios efectivos de aprendizagem, não é porque são “engraçados”, mas sim porque são imersivos, obrigam o aluno a tomar frequentemente decisões importantes e tem objectivos bem definidos (OBLINGER, 2006).

3.3. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS JOGOS

Segundo Grando (2004) podemos identificar as seguintes vantagens na utilização dos jogos como metodologia de ensino:

- Introdução e desenvolvimento de conceitos de difícil compreensão;
- Desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas (desafio dos jogos);
- Aprender a tomar decisões e saber avaliá-las;
- Significação para conceitos aparentemente incompreensíveis;
- Propicia o relacionamento das diferentes disciplinas (interdisciplinaridade);
- O jogo requer a participação activa do aluno na construção do seu próprio conhecimento;
- O jogo favorece a integração social entre os alunos e a consciencialização do trabalho em grupo;
- A utilização dos jogos é um factor de interesse para os alunos;
- Dentre outras coisas, o jogo favorece o desenvolvimento da criatividade, do senso crítico, da participação, da competição “sadia”, da observação, das várias formas de uso da linguagem e do resgate do prazer em aprender;
- As actividades com jogos podem ser utilizadas para desenvolver habilidades de que os alunos necessitam. É útil no trabalho com alunos de diferentes níveis;

- As actividades com jogos permitem ao professor identificar e diagnosticar algumas dificuldades dos alunos.

3.4. JOGOS EXISTENTES

Há vários jogos que são usados para demonstrar as implicações práticas de alguns conceitos de produção magra como o impacto da incerteza sobre a produtividade e duração do projecto, abordagem para a produção push-pull ou o impacto da multitarefa (Alarcón et al., 1999).

Exemplos existentes tendem a ser apenas demonstrações das ferramentas (ao contrário das simulações completas com muitas opções para afectar a empresa simulada), e tendem a concentrar-se num ponto de aprendizagem único. Incluídos nesta categoria são o “Beer Game” o que demonstra a instabilidade da cadeia de abastecimentos, e dados de jogos que demonstram o efeito da variabilidade de processos simples (Candido, 2007)

A tabela seguinte identifica os jogos disponíveis no sítio da internet www.leangames.co.uk, e descreve quais as ferramentas estudadas.

Tabela 6 - Jogos disponíveis no sítio da internet www.leangames.co.uk.

Ferramenta \ Jogo	Jogo das tomadas	Jogo das lanternas	SMED	5S	Catapulta
Resolução do problema	X	X	X	X	X
One piece flow	X	X			
Balanceamento	X	X			
Organização do Layout	X	X			
KanBan	X	X			
Melhoria da Qualidade		X			X
SMED			X		
5S				X	
Six Sigma					X

Com esta tabela podemos verificar que estes jogos apenas são dirigidos para determinadas ferramentas e não são abertos para o estudo das restantes.

No sítio da internet www.takttime.net conseguimos encontrar outros jogos, tais como, Jogo do Lego, Jogo dos Pássaros e Jogo dos Barcos.

O Jogo do Lego é ideal para demonstrar os benefícios da implementação do Poka Yoke onde se demonstra as vantagens de uma estação de trabalho bem organizada e com uma gestão visual bem feita. Na primeira ronda do jogo os participantes encontram dificuldades em às vezes nem conseguem construir os produtos ou demoram mais de 10 minutos para fazê-lo.

Depois de algumas melhorias conseguem efectuar as tarefas em cerca de 1 minuto. Este jogo é ideal para 2 a 6 pessoas e é dedicado a elementos da produção.

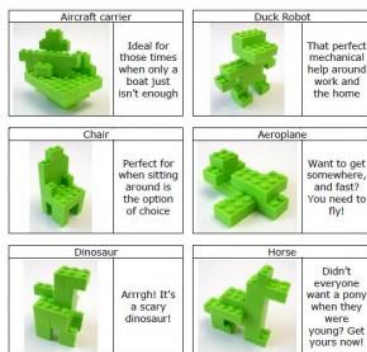


Figura 10 - Figuras construídas em Legos (Fonte: www.takttime.net)

O jogo dos pássaros vai ensinar os participantes a não aceitar erros, não produzir erros e não passar erros. Os custos de não conformidades crescem à medida que vão chegando mais próximo do cliente final. Numa segunda fase, este jogo foca no desenvolvimento de poka-yokes para eliminar o custo com inspecções e atingir o nível de zero defeitos. Este jogo é ideal para 6 a 10 pessoas e é direccionado para engenheiros de processo, operadores e equipa da qualidade.



Figura 11 - Jogo dos Pássaros (Fonte: www.takttime.net).

O jogo dos Barcos serve para mostrar as diferenças entre produção pull e push utilizando barquinhos de papel. O jogo enfatiza o custo da produção excessiva, e no final da primeira ronda os stocks intermédios vão ser enormes, a produtividade de cada operador será altíssima, mas a receita gerada será pequena. Na segunda ronda, utilizando um sistema puxado, com actividades bem balanceadas, os barquinhos serão produzidos para repor um supermercado de produto acabado. Os stocks intermédios serão de apenas uma peça e a receita gerada será muito mais alta que a da primeira ronda. Este jogo é ideal para 6 a 20 pessoas e é direccionado para supervisores e coordenadores de produção.

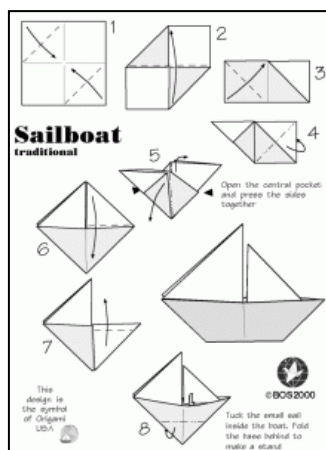


Figura 12 - Jogo do Barco (Fonte: www.takttime.net).

Os jogos apresentados nos sítios da internet www.leangames.co.uk foram organizados na tabela seguinte. Esta tabela pretende caracterizar alguns dos jogos que actualmente existem.

Tabela 7 - Caracterização dos Jogos alguns jogos existentes.

Jogo	Imagem	Nº de ferramentas estudadas	Nº de Participantes	Nº de simulações	Duração do Jogo
Fabrico de tomadas		6	6 a 12	4 de 10 minutos cada.	2 a 3 horas
Fabrico de lanternas		4	6 a 12	4 de 10 minutos cada.	2 a 3 horas
KANBAN		1	6 a 8	3	-----
SMED		1	6 a 12	-----	-----
5S		1	4	1	45 minutos a 3 horas
TPM Lego Game		1	2	3	-----
Catapulta		2	4 a 6	1	1 a 8 horas

3.5. RESUMO

Neste capítulo foram apresentados e caracterizados os principais métodos de transmissão de conhecimento, isto é, métodos verbais, métodos intuitivos e métodos Activos. Após a identificação dos métodos foi explorado mais intensamente o método activo, uma vez que é neste método que se inserem os jogos de simulação das ferramentas Lean.

Existem diversos jogos de simulação das ferramentas Lean, dos quais foram apresentados alguns presentes em sítios da internet e foram caracterizados e comparados, nessa comparação teve-se em conta o número de ferramentas estudadas, o número de participantes, número de simulações necessárias por jogo e o tempo necessário para o efectuar.

Com a análise dos jogos existentes conclui-se que estes apresentam-se como solução para o estudo de determinadas ferramentas Lean de uma forma em que existe complementaridade entre elas não permitindo a adaptação para outras ferramentas que não as pré-estabelecidas.

4. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

4.1. INTRODUÇÃO

O objectivo do jogo de simulação é que o aluno resolva vários problemas que podem ocorrer num ambiente industrial real com recurso às ferramentas Lean. O jogo é suportado pelo conhecimento teórico transmitido no arranque das simulações, permitindo assim ao aluno ser capaz de tomar decisões que garantam melhorias na produção. O jogo consiste em simular uma linha de produção através de um conjunto de actividades de montagem e embalamento de canetas.

As ferramentas Lean definidas para este trabalho são as seguintes: 5S, Organização de Layout e TPM.

As simulações foram testadas por uma equipa composta por 8 alunos do Mestrado em Gestão de Processos e Operações do ISEP. As simulações foram realizadas semanalmente no Laboratório de Sistemas de Produção desde Novembro de 2011 até Fevereiro de 2012.

4.1.1. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Na primeira abordagem ao jogo, foi tida como base o jogo de produção de canetas da Lean Learning Academy. Este jogo está inserido no projecto europeu ‘Lean Learning Academies’ com a referência: 503663-LLP-1-2009-1-BE-ERASMUS-ECUE. O jogo consistia numa linha de montagem de canetas à qual eram aplicadas simultaneamente um conjunto de ferramentas Lean, nomeadamente:

- 5S;
- SMED;
- TPM;
- VSM;
- Poka Yoke;
- Trabalho de equipa.



Figura 13 - Jogo da Lean Learning Academy em Curso.

Apesar de termos como base o trabalho prévio da Lean Learning Academy, foi pretendido desenvolver um jogo que consiga ser utilizado para simular e aplicar todas as ferramentas Lean de uma forma independente, permitindo assim constatar as potencialidades de cada uma dessas ferramentas.

Tendo em conta esta abordagem ao jogo, são efectuadas diversas simulações que tratam as diferentes ferramentas Lean. Cada simulação segue o ciclo de aprendizagem representado na Figura 13 percorrendo as diferentes etapas:

- Apresentação da Ferramenta – Consiste numa primeira abordagem à ferramenta, onde os participantes recebem os materiais e objectivos do jogo;
- Sugestão de melhorias – Nesta etapa os participantes debatem oportunidades de melhoria para o jogo;
- Implementação das melhorias.
- Avaliação do desempenho do jogo – Consiste em avaliar o desempenho do jogo;

- Análise dos problemas detectados pelos participantes;



Figura 14 - Ciclo de aprendizagem.

Tendo em conta o ciclo de aprendizagem apresentado e as ferramentas estudadas neste trabalho, obtém-se o esquema da ordem de estudo das ferramentas Lean, cada ferramenta será estudada, efectuando um ciclo de aprendizagem completo, e de seguida avança-se para a ferramenta seguinte.

A ordem pela qual as ferramentas foram estudadas é: 5S, Organização de Layout e TPM, cada ferramenta é estudada isoladamente e após a análise dos problemas detectados pelos participantes avança-se para a ferramenta seguinte e efectua-se todo o ciclo de aprendizagem novamente.

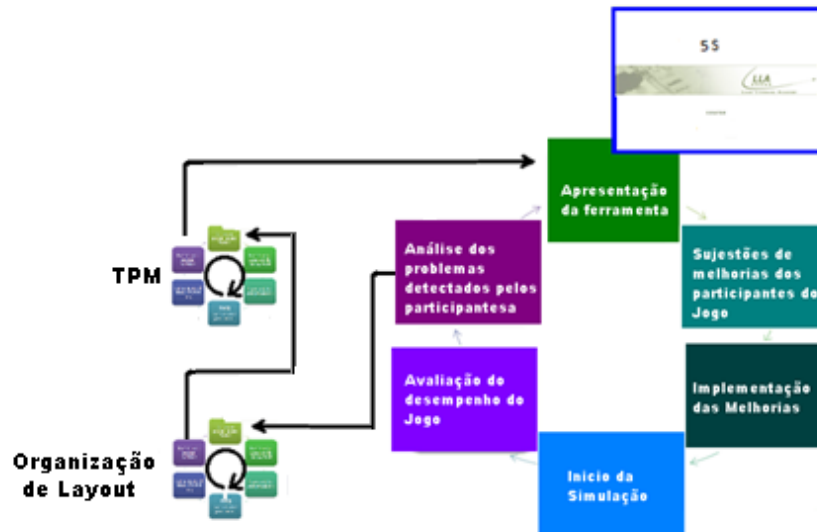


Figura 15 - Ordem de estudo das Ferramentas Lean.

O desenvolvimento do jogo teve algumas restrições, nomeadamente ao nível dos equipamentos e instalações.

A dimensão da Sala que é utilizada para simular a “fábrica” é uma limitação para os novos Layouts a implementar.

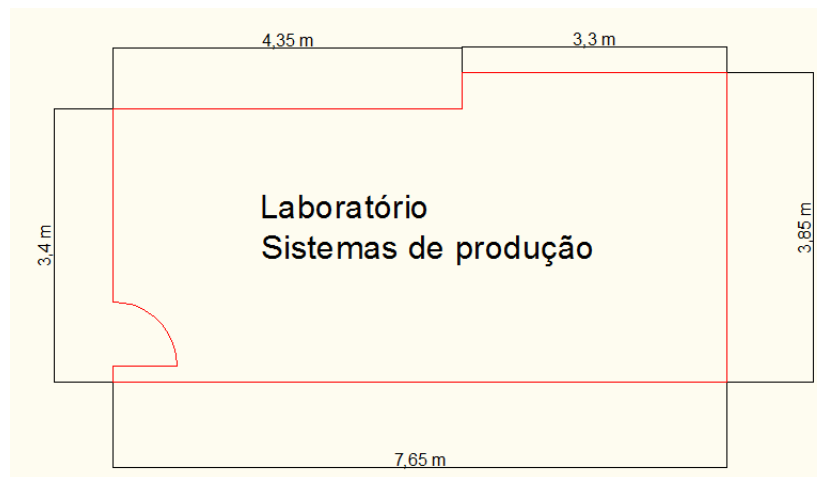


Figura 16 - Dimensões da sala utilizada.

As mesas que são utilizadas como postos de trabalho têm o tamanho de 1,20m×0,8m como limitação.



Figura 17 - Dimensões da mesa utilizada como posto de trabalho.

O modelo da caneta utilizada foi definido pela Lean Learning Academy, com três cores distintas, Preto, Azul e Vermelho.



Figura 18 - Caneta utilizada no jogo.

Para um melhor conhecimento do processo de montagem resolveu-se decompor a caneta em várias peças. Esta decomposição deverá ter correspondência com as operações da linha de montagem. Numa primeira abordagem decompôs-se a caneta com a separação da borracha do corpo inferior e manteve-se o clip inserido no corpo superior, como indicado na figura 19.

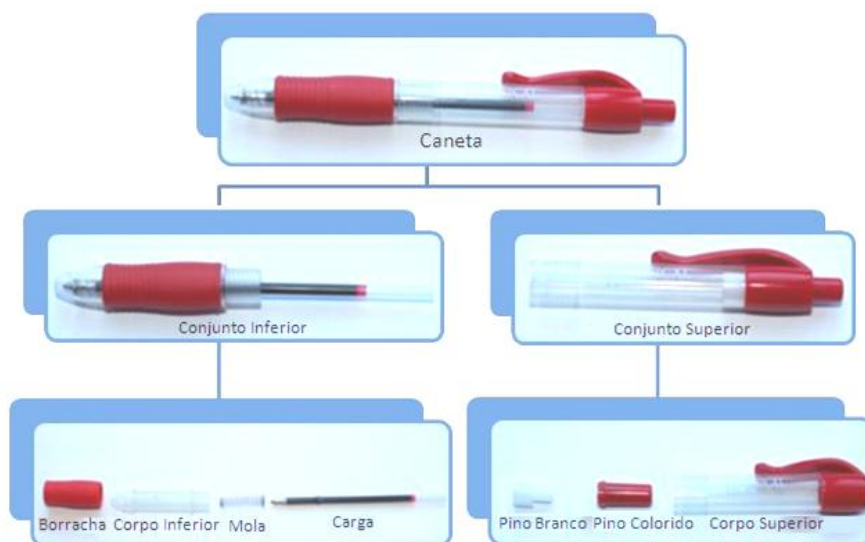


Figura 19 - Primeira abordagem á decomposição da caneta em peças.

Esta decomposição foi a adoptada no jogo da Lean Learning Academy. O Layout utilizado era composto por sete postos de trabalho, um armazém e um posto para o facilitador do jogo.

Neste Layout definiu-se que o posto de trabalho nº1 colocava a mola na carga da caneta, o posto de trabalho nº2 colocava a borracha no corpo inferior e montava o conjunto efectuado no posto de trabalho nº1, o posto de trabalho nº3 montava o pino branco no pino colorido e colocava dentro do corpo superior, o posto de trabalho nº4 juntava o conjunto obtido no posto de trabalho nº2 com o do posto de trabalho nº3, obtendo-se assim a caneta, no posto de trabalho nº5 efectuava-se o controlo de qualidade das canetas e de seguida estas passavam para o posto de trabalho nº6 para efectuar a embalagem, nesta fase o formato da caixa ainda não estava definido. Por fim existia o posto de trabalho nº7 para efectuar o controlo de qualidade da embalagem final.

Para que o Layout se assemelha-se o mais possível a um ambiente real, decidiu-se colocar os postos de trabalho distribuídos pelo Laboratório de Sistemas de Produção de acordo com a figura 20.

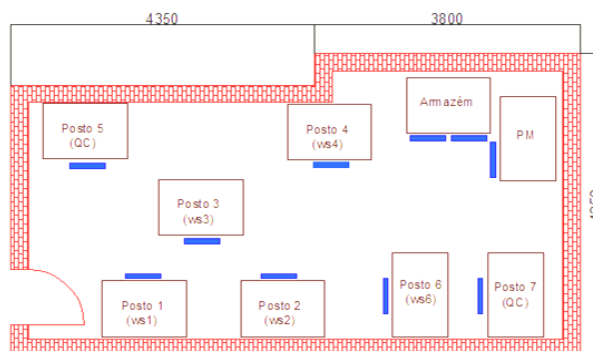



















Figura 20 - Layout utilizado na primeira abordagem ao "Jogo".

Após ter sido efectuada a simulação verificou-se que o processo de colocação da borracha era muito moroso e difícil de efectuar (posto de trabalho nº2). Assim, definiu-se uma nova decomposição para a simulação inicial, o corpo inferior seria composto pelo conjunto corpo de plástico com a borracha incorporada, sendo o posto de trabalho nº2 suprimido. Também se verificou que o clip incorporado no corpo superior era facilmente removível sendo esta operação incluída no processo de montagem da caneta. A decomposição adoptada está representada na figura 21.

Após o estudo do processo de montagem da caneta definiram-se os componentes da caneta para o jogo. Para uma melhor identificação por parte dos utilizadores do jogo atribuiu-se um nome a cada componente.

Os componentes são apresentados na tabela 8. Esta tabela terá de estar presente no armazém.

Tabela 8 - Componentes da caneta.

Designação	Imagem	Designação	Imagem
Carga Azul		Clip Azul	
Carga Preta		Clip Preto	
Carga Vermelha		Clip Vermelho	
Corpo Inferior Azul		Pino Azul	
Corpo Inferior Preto		Pino Preto	
Corpo Inferior Vermelho		Pino Vermelho	
Corpo Superior Azul		Pino Branco	
Corpo Superior Preto		Mola	
Corpo Superior Vermelho			

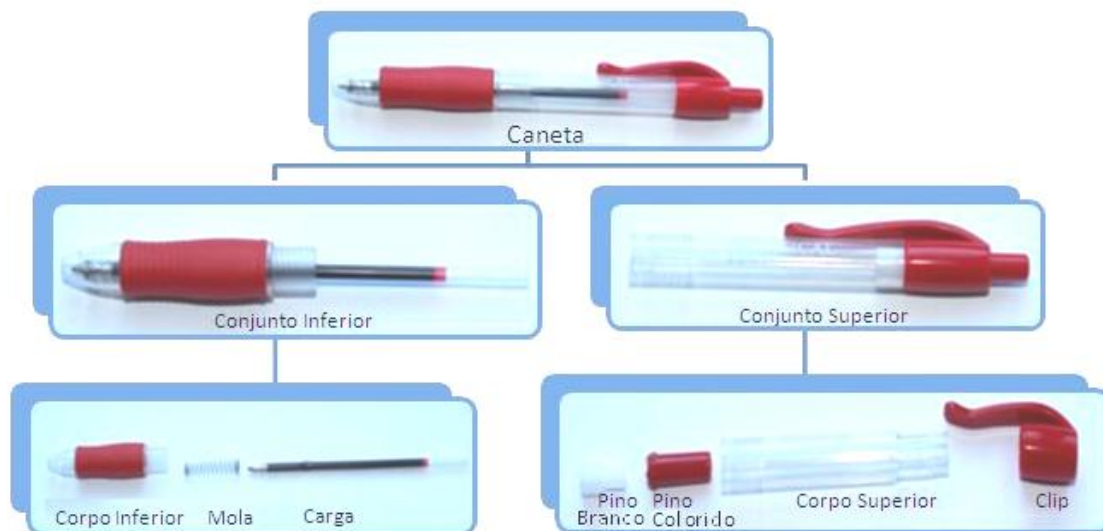


Figura 21 - Segunda abordagem á decomposição da caneta em peças.

Tal como em muitos processos produtivos reais, inclui-se a embalagem do produto final no jogo.

Para a embalagem das canetas definiu-se que esta deveria ter as seguintes características:

- Caixa paralelepípeda;
- Possuir código de barras para se assemelhar à realidade e identificar qual a cor da caneta na caixa;
- Ter capacidade para cinco canetas por caixa (cada lote tem 15 unidades);
- Modelo de fácil montagem;
- Ser identificável a cor da caneta no exterior para fácil identificação;
- Ser reutilizável para que possa ser utilizado em várias simulações.

A determinação da caixa a utilizar foi um desafio interessante, pois o número de canetas por caixa teria de escoar o lote de produção. Como o lote era de 15 unidades, definiu-se que cada caixa deveria conter cinco unidades. As cinco unidades foram definidas para permitir a aplicação de ferramentas Lean como, por exemplo, o Kanban.

Após a definição das características da caixa e o estudo de diversas possibilidades, foram consideradas duas propostas. A primeira proposta era uma caixa composta por duas partes, caixa mais tampa com impressão de um código de barras no topo.

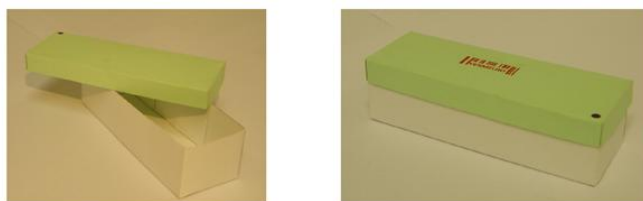


Figura 22 - Modelo de caixa da primeira proposta.

Esta caixa apresentava como vantagem a possibilidade de se efectuar facilmente a inspecção de qualidade das canetas da caixa (Posto de trabalho número 7) e poder ser integrada na operação de etiquetagem.

A segunda proposta para a embalagem apresenta uma planificação que foi pensada para que não fossem necessárias operações complexas na sua obtenção, para isso pensou-se numa solução de montagem da caixa apenas através de dobragens e sem ser necessário efectuar colagens. A embalagem desenvolvida é a representada na figura 23.



Figura 23 - Modelo de caixa da segunda proposta.

A caixa obtida além de poder ser reutilizada também pode ser integrada na operação de etiquetagem. A etiqueta é colocada numa fita que envolve a caixa e contém o logótipo do ISEP e do Laboratório de Sistemas de Produção (Figura 24), após a colocação da fita só é permitida a inspecção exterior da caixa. A fita e a etiqueta são parte integrante da embalagem.



Figura 24 - Fita utilizada.

As etiquetas são carimbadas com um carimbo auto-tintado com as dimensões de 57×21 mm e ficam com o aspecto da figura 25. Estas etiquetas são utilizadas para identificar a cor das canetas no interior da embalagem e para fixarem a fita que envolve a caixa.



Figura 25 - Etiquetas utilizadas.



Figura 26 - Carimbo utilizado.

Após a definição das etiquetas e carimbo a utilizar, desenvolveu-se para o posto de embalagem um mecanismo para impressão de etiquetas. O mecanismo foi construído a partir de um suporte de furação existente no mercado, onde foi acoplado um carimbo. A execução do mecanismo foi realizada no Laboratório de Oficinas Mecânicas do ISEP.



Figura 27 - Desenvolvimento da máquina de carimbos

Ficou assim definido o processo de montagem e embalagem das canetas e os respectivos postos de trabalho.

Como podemos verificar na tabela nº9 o processo de montagem e embalagem das canetas apenas necessita de 5 postos de trabalho, uma vez que como foi referido anteriormente o posto de trabalho nº2 da primeira abordagem foi suprimido devido à grande dificuldade dessa operação. A segunda proposta para a caixa foi a utilizada, e como esta após ser fechada com a fita não permite a inspeção das canetas no seu interior, por esse motivo resolveu-se suprimir

o posto de trabalho nº7 presente no Layout previamente estudado para as futuras simulações e criou-se um posto antes da embalagem para o controlo da qualidade.

Tabela 9 - Resumo do processo de montagem e embalagem das canetas e respectivos postos de trabalho.

Posto de trabalho	Operação Efectuada	Material Utilizado
Posto de trabalho nº1	Colocar a mola na carga e colocar o conjunto obtido (mola + carga) no corpo inferior.	Mola, carga e corpo inferior.
Posto de trabalho nº2	Colocar o pino branco no interior do pino colorido, inserir o clip colorido no corpo superior e colocar o conjunto pino branco + pino colorido no interior do corpo superior.	Pino branco, pino colorido, clip colorido e corpo superior.
Posto de trabalho nº3	Juntar o conjunto obtido no posto de trabalho nº1 com o do posto de trabalho nº 2.	Conjuntos obtidos nos postos de trabalho nº1 e nº 2.
Posto de trabalho nº5 Controlo de Qualidade	Controlo da qualidade das canetas, antes destas serem enviadas para o posto de trabalho nº 4.	
Posto de trabalho nº4	Embalagem das canetas e impressão das etiquetas.	Caixas, fitas, etiquetas e máquina de impressão de etiquetas.

Após ser definido todo o processo de montagem e embalagem do jogo e respectivos postos de trabalho definiu-se o layout para a primeira simulação.

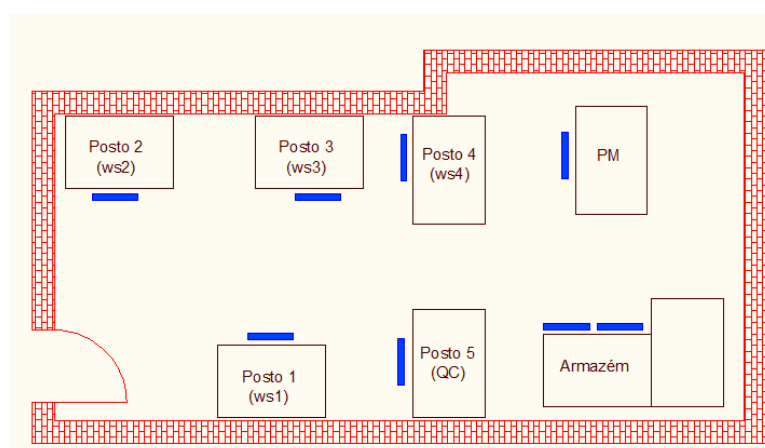


Figura 28 - Layout utilizado na primeira simulação.

Após a definição do processo de montagem e embalagem do jogo, surgiu a necessidade de decidir como seriam acondicionados e transportados os componentes e produtos finais. Dada a dimensão dos lotes, foram definidos três tipos de contentor para o transporte:

- Racks de madeira para 15 ou 5 unidades;
- Caixas SUC A;
- Caixas SUC 0.

Os racks de madeiras foram construídos para 5 unidades (esta configuração será de grande utilidade para o estudo da ferramenta Kanban). Como o lote a estudar nas ferramentas presentes neste relatório é de 15 unidades os racks são agrupados em grupos de 3 e são fixos por um sistema de mola metálica, construído nas oficinas de construções mecânicas do ISEP.

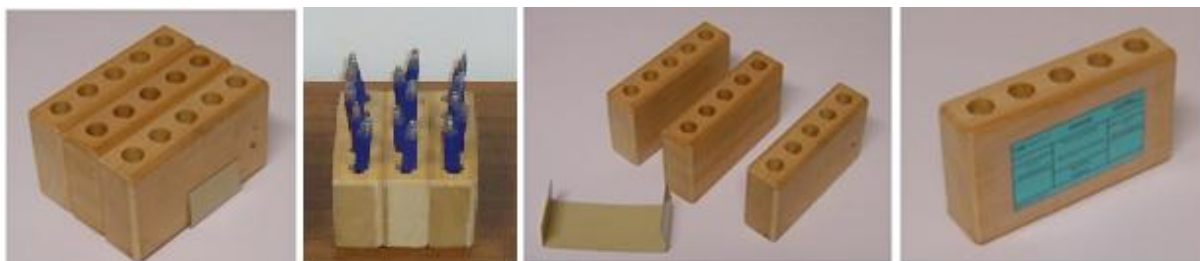


Figura 29 - Diversas configurações dos racks de madeira.

Os racks de madeira são utilizados para transportar os produtos em curso entre postos. Para os componentes das canetas, definiu-se que estes seriam transportados do armazém para os postos de trabalho em caixas SUC A. Estas caixas também servem para transportar as canetas terminadas para o posto de embalagem. As caixas SUC A são ainda utilizadas no armazém para armazenar os componentes das canetas.

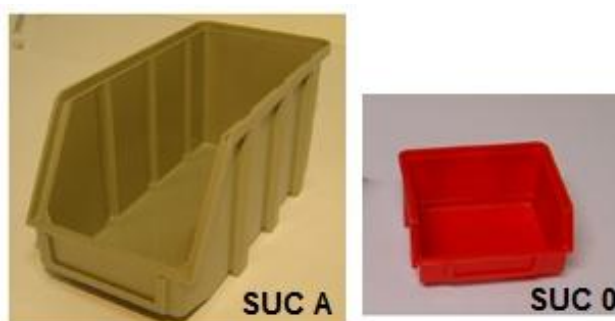


Figura 30 - Dois tipos de caixas SUC utilizadas.

No armazém definiu-se que os produtos estariam armazenados e geridos num único lugar. Numa primeira abordagem os componentes estavam dispostos numa mesa como indicado na figura 31, contudo a disposição dos materiais na mesa não era uma solução ergonomicamente favorável ao operador do armazém, uma vez que este tinha de se curvar para conseguir aceder aos componentes, outro aspecto negativo desta disposição de materiais é a dificuldade na sua identificação, para isso criou-se um layout do armazém com códigos numéricos que associavam o número ao componente. A associação código/componente está presente numa tabela nº 10 que se encontra no armazém.

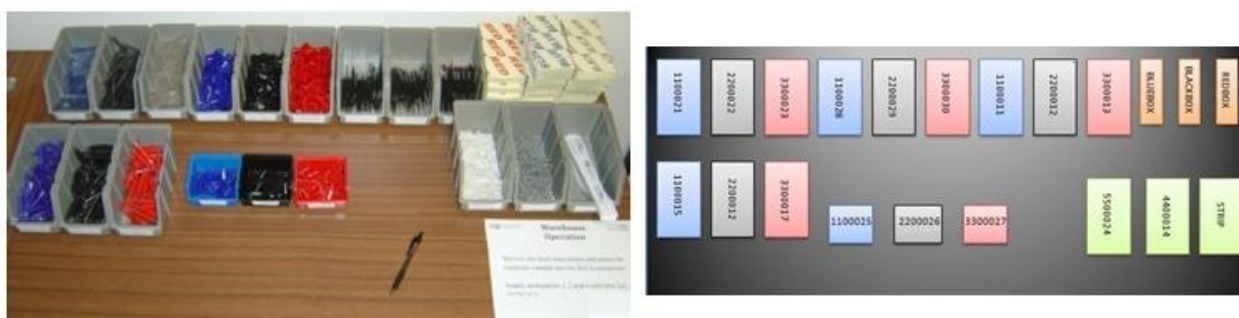



















Figura 31 - Layout do armazém da primeira abordagem do "Jogo".

Tabela 10 - Correspondência código/elemento dos componentes da caneta utilizados no "Jogo".

Referencia	Imagem	Referencia	Imagem
1100011		1100028	
2200012		2200029	
3300013		3300030	
1100015		1100025	
2200016		2200026	
3300017		3300027	
1100021		5500024	
2200022		4400014	
3300023			

Como se verificou que havia uma dificuldade para o operador encontrar os componentes decidiu-se criar uma estrutura que permitisse o operador seleccionar os componentes de uma forma natural sem ter de se curvar e onde fosse mais fácil encontrar os componentes. Para isso foi criada uma estrutura de suporte vertical que foi construída nas oficinas mecânicas do ISEP. A sua concepção teve em atenção a dimensão das caixas SUC e a facilidade de acesso aos componentes. No armazém vertical os componentes foram colocados de forma a serem facilmente identificados e permitissem um abastecimento eficaz dos postos de trabalho.



Figura 32 - Armazém organizado.

Para criar um fluxo de informação no jogo foi criada documentação de acordo com as necessidades da linha de produção do jogo. A documentação elaborada deve ser intuitiva, fácil de ler e preencher com os dados necessários (ter em atenção o tamanho e tipo de letra) e estar bem identificada. Foram desenvolvidos os seguintes documentos:

- Mod. 01/00 – Instruções de trabalho;
- Mod. 02/00 – Ordem de Produção;
- Mod.03/00 – Folha de tempos de Produção;
- Mod.04/00 – Controlo da Qualidade;
- Mod.05/00 – Requisição de Componentes;
- Mod.05/01 – Nota de Encomenda;
- Mod.05/02 – Produto Acabado;
- Mod.06/00 – Folha de registo de não conformidades.

Estes documentos permitiram não só transmitir informação aos jogadores como também recolher informação necessária para cálculo das métricas necessárias à análise do jogo.

Os documentos utilizados estão presentes no Anexo A.

Inicialmente teve-se em conta jogadores para efectuarem a cronometragem dos postos de trabalho. Verificou-se que estes elementos poderiam ser retirados do jogo e cada operador registava os seus tempos de operação. Para isso foi criado um elemento importante para o controlo do jogo, o cronómetro digital. Este é projectado com um retroprojector na parede do laboratório e permite verificar o tempo decorrido das simulações. Com esta ferramenta substitui-se o relógio de parede e os cronómetros e consegue-se ter um registo de tempos preciso que se pode reiniciar sempre que se começa uma nova simulação.

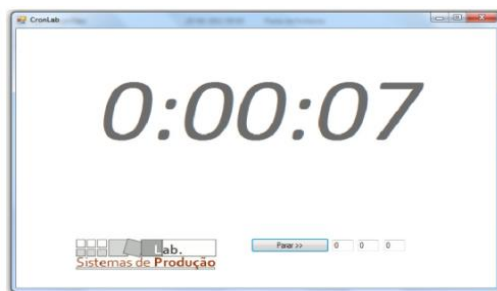


Figura 33 - Cronómetro para registo de tempos.

Após a criação dos documentos, foi identificada a necessidade de criar uma ferramenta informática que permitisse organizar todos os dados retirados de cada simulação. Para esse efeito foi criada uma Folha Excel onde todos os dados são inseridos para posterior análise.

Data: 13-12-2011

Introdução dos tempos das simulações

OP/Lote/Cor	Tempo Inicial	Posto 1				Produção Total	Posto 2				Produção Total	Posto 3				Produção Total	QC				Produção Total	Posto 4				Produção Total	Armazen				Produção Total
		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	
QA/30/Vermelho	0:00	0:00				0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00				
QA/31/Preto	0:00	0:00				0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00				
QA/32/Vermelho	0:00	0:00				0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00			0:00	0:00				
QA/33/Azul	0:00	3:01	181	15		0:00	2:20	140	15	0:00	3:19	189	15	0:00	2:55	175	15	0:00	4:44	284	15	0:00	3:01	181	15	0:00	3:01	181	15		
OB/34/Azul	6:03	363	8:58	538	15	7:40	460	9:41	581	15	10:00	600	12:28	748	15	12:56	778	14:03	843	15	16:36	996	19:33	1173	15	4:52	292	6:45	249		
OB/35/Preto	9:14	554	11:57	717	15	10:50	650	12:25	748	15	12:56	778	14:41	861	15	14:53	887	16:50	1000	15	19:35	1175	20:00	1200	15	7:48	448	9:58	538		
OB/36/Vermelho	12:52	772	15:14	914	15	14:05	845	16:01	961	15	15:16	978	18:40	1120	15	15:55	1125	19:54	1194	15											
OB/37/Vermelho	16:20	980	19:08	1148	15	17:45	1065	19:58	1198	15																					

Nº de canetas não conformes:

Data: 13-12-2011

OP/Lote/Cor	Tempo Inicial	Posto 1			Produção Total
		Tempo Inicial (s)	Tempo Final (s)	Tempo Final (s)	
QA/30/Vermelho	0:00		0:00		
QA/31/Preto	0:00		0:00		
QA/32/Vermelho	0:00		0:00		
QA/33/Azul	0:00		3:01	181	
OB/34/Azul	6:03	363	8:58	538	
OB/35/Preto	9:14	554	11:57	717	
OB/36/Vermelho	12:52	772	15:14	914	
OB/37/Vermelho	16:20	980	19:08	1148	

Nº de canetas não conformes:

Figura 34 - Tabela de inserção de dados.

A tabela de inserção de dados produz automaticamente uma folha resumo, onde são indicadas as métricas principais da cada simulação.

Folha Resumo										
Simulação 5S	OP/Lote/Cor	Tempo PT1 (s)	Tempo PT2 (s)	Tempo PT3 (s)	Tempo QC (s)	Tempo PT4 (s)	Tempo Armazém (s)	Tempo total de Produção (s)	Tempo de Paragem (s)	Nº Peças Acabadas
13-12-2011										
	OA/30/Vermelho	0	0	0	0	284	17	301	0	15
	OA/31/Preto	0	0	0	101	214	17	332	13	15
	OA/32/Vermelho	0	0	175	42	213	14	444	120	15
	OA/33/Azul	181	140	148	50	219	48	786	166	15
	OB/34/Azul	175	121	148	67	177	53	741	1129	15
	OB/35/Preto	163	146	105	53	25	73	565	119	3
	OB/36/Vermelho	142	116	142	59	0	143	602	Lote por terminar	0
	OB/37/Vermelho	168	133	0	0	0	128	429	Lote por terminar	0
	Média Tempos	168	133	148	56	214	73			

Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 1			
Produção	Planeado	Actual	Estado
Vermelho	60	30	NOK
Azul	30	30	OK
Preto	30	18	NOK
Nº de Peças Total	120	78	NOK
Qualidade			
Nº de Não Conformidades			0
Nº de canetas por minut0			3.90

Figura 35 - Folha resumo dos dados obtidos nas simulações.

Além da tabela de resumo dos tempos e número de peças acabadas, é exibida uma tabela com dados estatísticos onde se pode verificar as diferenças entre a produção planeada e efectuada, número de não conformidades e número de canetas produzidas por minuto.

A partir da folha resumo é gerado automaticamente um gráfico com base nos tempos médios de produção de um lote por posto de trabalho e no armazém.

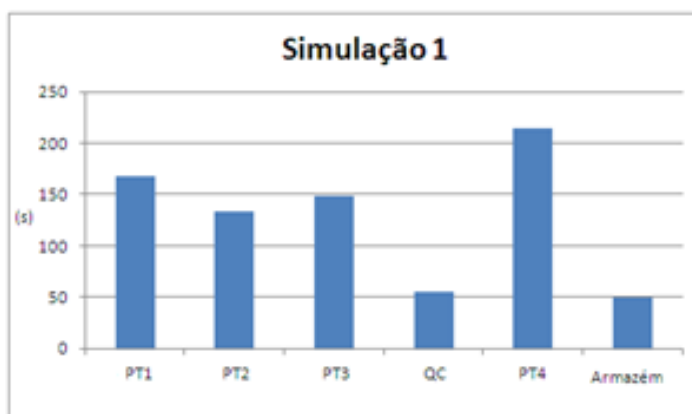


Figura 36 - Exemplo de gráfico obtido com a ferramenta informática.

4.2. SIMULAÇÃO INICIAL

A partir da análise da simulação efectuada e das restrições existentes, definiu-se a seguinte mecânica para o arranque da primeira simulação:

- O gestor da produção prepara as ordens de produção e requisições de materiais;
- As ordens de produção e requisições de material são entregues ao responsável do armazém. Este prepara os materiais para os postos e juntamente com os materiais envia as ordens de produção;
- No posto de trabalho número 1 o processo de montagem é relativamente rápido, optou-se por definir que no posto de trabalho número 1 se montava o conjunto do corpo inferior, composto por mola, carga e corpo inferior;
- No posto de trabalho número 2 produz-se o conjunto do corpo superior, composto por, pino branco, pino colorido, clip e corpo superior;
- No posto de trabalho número 3 o processo é bastante simples, o operador tem de acoplar o conjunto efectuado no posto de trabalho número 1 com o conjunto obtido no posto de trabalho número 2;
- No posto de trabalho número 5-QC o processo é relativamente rápido. Para a simulação número 1 foram criadas as instruções de como efectuar a inspecção da qualidade e as indicações para a actuação em casos de não-conformidades;
- No posto de trabalho número 4 realiza-se o embalamento das canetas, utilizou-se proposta de caixa número 2 devido às características indicadas na definição das caixas a implementar.

Tendo em conta a análise efectuada à versão preliminar foi obtido o novo diagrama de processo.

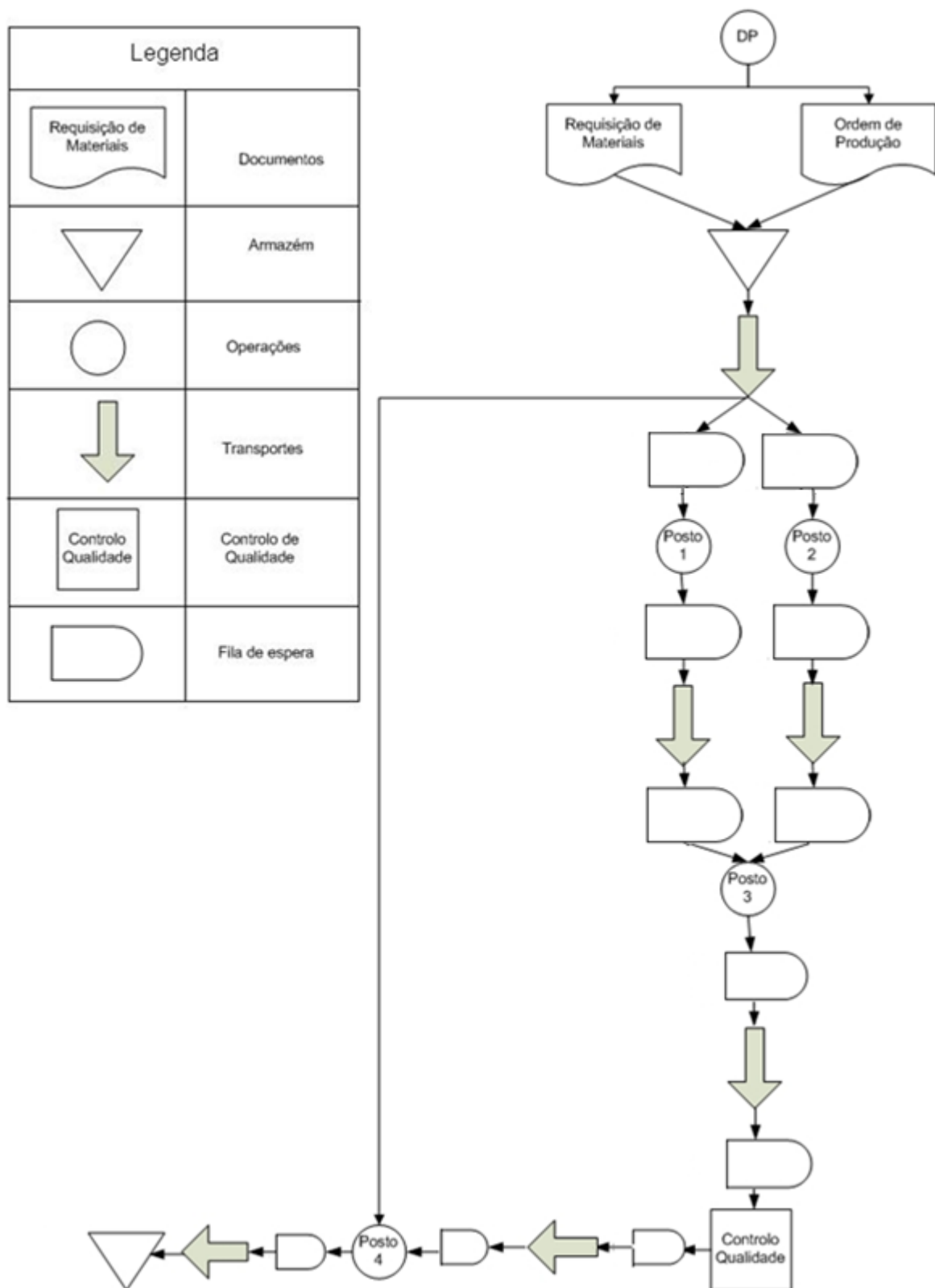


Figura 37 - Diagrama do processo para a primeira simulação.

4.2.1. RECURSOS NECESSÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO

Para executar a simulação é necessário ter em conta:

- Tempo de trabalho
 - São necessários cerca de 75 minutos para efectuar todas as tarefas inerentes;
- Recursos humanos
 - Cinco Operários e um Facilitador;
 - Um Transportador;
 - Um Gestor de Produção e um responsável pelo armazém.

A tabela 11 indica os tempos necessários para cada fase do Jogo. Como a simulação inicial é comum a todos os elementos do grupo de trabalho e como um dos elementos estuda a ferramenta VSM, o tempo da apresentação do VSM foi tido em conta no entanto os seus resultados não são apresentados neste trabalho.

Tabela 11 - Tempos e descrição de tarefas da simulação.

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Canetas, caixas e documentação	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação dos Princípios Lean	Quadro Magnético	15	Os participantes ficam a conhecer os princípios Lean
3	Efectuar treino da Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	5	Os participantes observam como funciona a linha produtiva
4	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	20	Os participantes testam a linha produtiva e detectam desperdícios
5	Análise dos problemas da Simulação	Quadro Magnético ou um computador com o software Excel.	5	Os participantes debatem problemas encontrados e indicam soluções
6	Apresentação do VSM	Software Power Point com o VSM para apresentação.	15	Os participantes têm uma nova ferramenta para desenhar “os problemas”
7	Desenhar o VSM	Quadro Magnético ou um software próprio para o efeito.	5	Assim obtemos o Value Stream Mapping

4.2.2. ANÁLISE DOS DADOS

Nesta simulação foram efectuadas duas iterações para que fosse possível ter um termo de comparação e verificar se a simulação tinha as características indicadas anteriormente.

Em todas as iterações existiam Ordens de Produção (OP) em curso no início da Simulação, sendo elas, OA/30/Vermelho, OA/31/Preto e OA/32/Vermelho. A Ordem OA/30/Vermelho encontrava-se já no posto de trabalho número 4, a Ordem OA/31/Preto inicia a simulação no posto de trabalho de Controlo de Qualidade e a ordem OA/32/Vermelho inicia-se no posto de trabalho número 3. Decidiu-se iniciar o jogo já com ordens de produção em curso para que este se assemelhe o mais possível a um ambiente industrial real, assim todos os postos de trabalho iniciam o jogo já a executar as suas tarefas.

Na tabela 12 são apresentados os tempos obtidos na produção dos lotes por cada Posto de trabalho.

Tabela 12 - Tempos obtidos na Primeira Iteração da Simulação Inicial.

Simulação Inicial Iteração 1						
OP/Lote/Cor	Tempo PT1 (s)	Tempo PT2 (s)	Tempo PT3 (s)	Tempo QC (s)	Tempo PT4 (s)	Tempo Armazém (s)
OA/30/Vermelho	0	0	0	0	284	17
OA/31/Preto	0	0	0	101	214	17
OA/32/Vermelho	0	0	175	42	213	14
OA/33/Azul	181	140	148	50	219	48
OB/34/Azul	175	121	148	67	177	53
OB/35/Preto	163	146	105	53	25	73
OB/36/Vermelho	142	116	142	59	0	143
OB/37/Vermelho	168	133	0	0	0	128
Média Tempos	168	133	148	56	214	75

Após terem sido verificados os tempos de produção dos lotes calcula-se o tempo médio de cada posto e obtiveram-se os dados apresentados na figura 38.

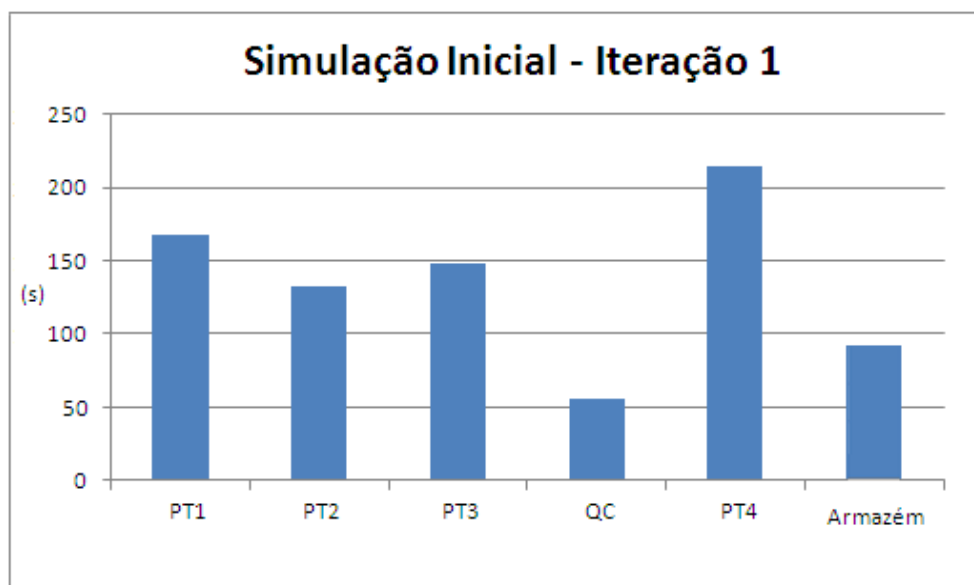


Figura 38 - Gráfico de tempos médios da Primeira Iteração da Simulação Inicial.

Através do gráfico dos tempos médios da primeira iteração da Simulação Inicial verifica-se que as operações do posto de Controlo de Qualidade e do Armazém têm um tempo de produção menor. Já a operação de embalagem no posto de trabalho número 4 tem um tempo de produção superior, constituindo um gargalo na produção.

Tabela 13 - Dados retirados da Primeira Iteração da Simulação Inicial.

OP/Lote/Cor	Tempo total de Produção (s)	Tempo de Paragem (s)	Canetas Embaladas
OA/30/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/31/Preto	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/32/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/33/Azul	786	166	15
OB/34/Azul	741	1129	15
OB/35/Preto	565	Lote por terminar	5
OB/36/Vermelho	602	Lote por terminar	0
OB/37/Vermelho	429	Lote por terminar	0
(*) Não se pode contabilizar o Tempo Total de Produção e o Tempo de Paragem uma vez que o lote já se encontra em curso.			

Com os tempos obtidos e os dados retirados na primeira iteração da Simulação Inicial pode-se verificar que se conseguiu terminar os três lotes que se encontravam em curso (OA/30/Vermelho, OA/31/Preto e OA/32/Vermelho), além destes também foram terminados os lotes OA/33/Azul e OB/34/Azul. No lote OB/35/Preto ficou no Posto de trabalho número 4, mas não se conseguiram embalar todas as canetas. Os lotes OB/36/Vermelho e OB/37/Vermelho terminaram a simulação no posto de Controlo de Qualidade e no Posto de trabalho número 3 respectivamente.

Na tabela 14 faz-se um resumo dos resultados obtidos na simulação, o estado referente à produção só é considerado “OK” quando se consegue atingir a produção planeada ao fim da simulação.

Tabela 14 - Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 1.

Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 1			
Produção	Planeado	Actual	Estado
Vermelho	60	30	NOK
Azul	30	30	OK
Preto	30	15	NOK
Nº de Peças Total	120	75	NOK
Qualidade			
Nº de Não Conformidades			0
Nº de Canetas por minuto		3,75	

Nesta iteração como se pode verificar pela tabela acima conseguiu-se produzir 75 unidades, tendo sido enviadas Ordens de Produção para 120 unidades. Pode-se verificar pela tabela que com esta iteração obteve-se 3,75 canetas por minuto

Após a realização da primeira iteração da Simulação Inicial, realizou-se com os mesmos intervenientes uma segunda iteração com as mesmas características da primeira. O objectivo da segunda iteração era verificar se a familiarização dos intervenientes com o jogo melhorava os resultados obtidos nos postos de trabalho. Após a segunda iteração obtiveram-se os seguintes tempos.

Tabela 15 - Tempos obtidos na Segunda Iteração da Simulação Inicial.

Simulação Inicial Iteração 2						
OP/Lote/Cor	Tempo PT1 (s)	Tempo PT2 (s)	Tempo PT3 (s)	Tempo QC (s)	Tempo PT4 (s)	Tempo Armazém (s)
OA/30/Vermelho	0	0	0	0	251	15
OA/31/Preto	0	0	0	57	140	14
OA/32/Vermelho	0	0	125	50	194	14
OA/33/Azul	174	140	150	33	162	75
OB/34/Azul	188	169	127	46	80	52
OB/35/Preto	137	131	118	39	0	97
OB/36/Vermelho	158	135	124	48	0	109
OB/37/Vermelho	134	130	123	0	0	55
OB/38/Preto	128	148	0	0	0	179
OB/39/Azul	0	35	0	0	0	75
Média Tempos	148	135	125	47	178	73

Após terem sido verificados os tempos de produção dos lotes calcula-se o tempo médio para cada posto e obtiveram-se os dados apresentados na Figura 39.

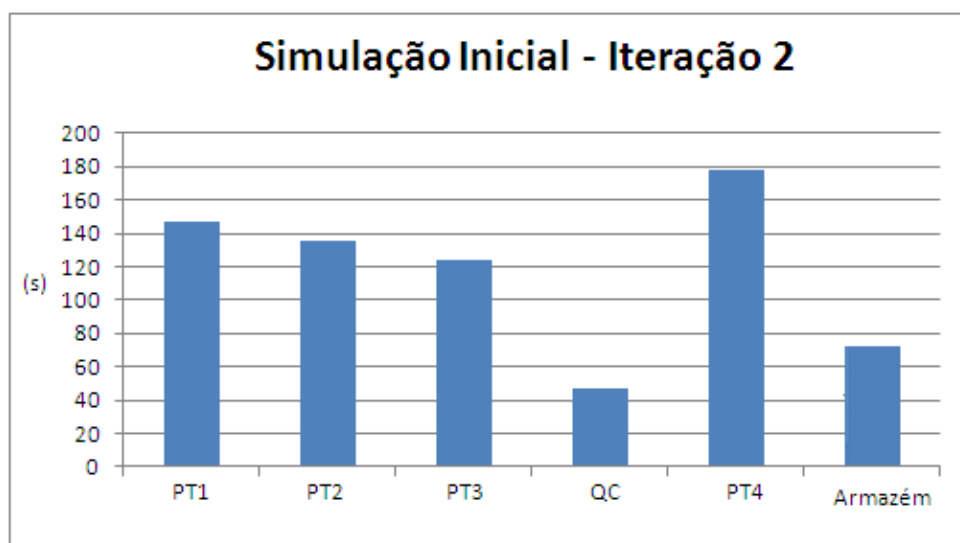


Figura 39 - Gráfico de tempos médios da Segunda Iteração da Simulação Inicial.

Com o gráfico dos tempos médios da Segunda Iteração da Simulação Inicial verifica-se que as operações do Posto de Controlo de Qualidade e do Armazém continuam a ter tempos de produção menores, também se pode verificar que a operação de embalagem no posto de trabalho número 4 é a que tem um tempo de produção maior continuando a ser um gargalo na produção.

Tabela 16 - Dados retirados da Segunda Iteração da Simulação Inicial.

OP/Lote/Cor	Tempo total de Produção (s)	Tempo de Paragem (s)	Canetas Embaladas
OA/30/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/31/Preto	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/32/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/33/Azul	734	587	15
OB/34/Azul	662	Lote por terminar	7
OB/35/Preto	522	Lote por terminar	0
OB/36/Vermelho	574	Lote por terminar	0
OB/37/Vermelho	442	Lote por terminar	0
OB/38/Preto	455	Lote por terminar	0
OB/39/Azul	110	Lote por terminar	0
(*) Não se pode contabilizar o Tempo Total de Produção e o Tempo de Paragem uma vez que o lote já se encontra em curso.			

Com os tempos obtidos e os dados retirados na Segunda Iteração da Simulação Inicial pode-se verificar que se conseguiram terminar os 3 lotes que se encontravam em curso, além destes também se terminou o lote OA/33/Azul. No lote OB/34/Azul ficou no Posto de trabalho nº4

mas não se conseguiu embalar todas as canetas, apenas foram consideradas 7 unidades. Os lotes OB/35/Preto e OB/36/Vermelho terminaram a simulação no posto de Controlo de Qualidade, já o lote OB/37/Vermelho ficou no Posto de Controlo de Qualidade. O lote OB/38/Preto terminou a simulação no Posto de trabalho número 2 e o lote OB/39/Azul apenas foi iniciado no Posto de trabalho número 2, não tendo passado por mais nenhuma operação.

Como se pode verificar pelos dados obtidos na tabela abaixo, foi planeada uma produção superior à da iteração anterior, contudo a produção foi inferior o que indica que tivemos mais lotes por terminar nesta iteração. Nesta iteração apenas se produziu 40% das canetas planeadas.

Tabela 17 - Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 2.

Dados Estatísticos Simulação Inicial - Iteração 2			
Produção	Planeado	Actual	Estado
Vermelho	60	30	NOK
Azul	45	15	NOK
Preto	45	15	NOK
Nº de Peças Total	150	60	NOK
Qualidade			
Nº de Não Conformidades			1
Nº de Canetas por minuto		3	

Nesta iteração como se pode verificar pela tabela acima conseguiu-se produzir 60 unidades, tendo sido enviadas Ordens de Produção para 150 unidades. Pode-se verificar pela tabela que com esta iteração obteve-se 3 canetas por minuto.

Após a análise das duas iterações da simulação inicial chegou-se a um gráfico comparativo dos tempos médios de produção dos postos de trabalho:

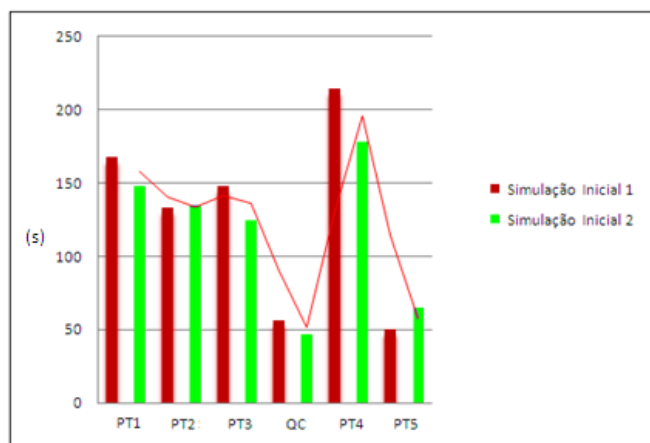


Figura 40 - Gráfico comparativo entre tempos médios das Simulações Iniciais.

Neste gráfico pode-se verificar que mesmo com a familiarização dos intervenientes com o jogo, existiram postos com tempos médios de produção superiores à primeira iteração e que os mesmos são semelhantes.

4.2.3. PROBLEMAS IDENTIFICADOS NA SIMULAÇÃO INICIAL

Na primeira simulação foram detectados problemas que necessitam de resolução, sendo eles:

- Desorganização geral dos postos de trabalho;
- No posto de trabalho número 4 verificou-se que os carimbos necessitavam de identificação com a cor de cada um, para que não haja dúvidas quanto ao carimbo a utilizar. É uma melhoria bastante importante para o posto de trabalho número 4, favorecendo o tempo de produção;
- A matéria-prima necessitava de estar correctamente identificada para reduzir o tempo de preparação dos materiais para os postos de trabalho;
- O operador do armazém necessitava de uma melhor organização para que não haja trocas no abastecimento dos postos de trabalho, e atrasos provenientes dessas trocas;
- Tempos de espera dos postos de trabalho elevado;
- Falta de identificação das áreas de trabalho e do local de colocação dos materiais.

4.3. SIMULAÇÃO PARA IMPLEMENTAR A FERRAMENTA 5S

A simulação dos 5S pretende demonstrar os benefícios da organização do local de trabalho aliado a uma melhor gestão visual.

Os objectivos principais da simulação dos 5S são:

- Identificar os principais passos da metodologia 5S;
- Beneficiar da utilização da gestão visual no local de trabalho;
- Ganhar eficiência associada a um local de trabalho organizado;
- Implementar melhorias através de uma abordagem em equipa.

Assim que os alunos conseguirem atingir os objectivos propostos na simulação a sua tarefa foi bem-sucedida.

4.3.1. RECURSOS NECESSÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO

Para executar a simulação é necessário ter em conta:

- Tempo necessário para efectuar a simulação.
 - São necessários cerca de 65 minutos para efectuar todas as tarefas inerentes;
 - Os tempos de produção continuam a ser registados pelos operadores.
- Nesta simulação são utilizados os mesmos recursos humanos da Simulação Inicial. Com esta simulação conseguimos identificar perfeitamente as melhorias com a aplicação da ferramenta.

A tabela 18 indica os tempos necessários para cada fase do Jogo:

Tabela 18 - Tempos e descrição de tarefas da simulação.

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Canetas, caixas e documentos	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação da ferramenta 5S	Apresentação Power Point da ferramenta 5S.	10	Os participantes ficam a conhecer a ferramenta a estudar
3	Sugestões de melhoria	Quadro Magnético	5	Melhoria das condições iniciais para o arranque da simulação
4	Implementar 5S	Marcações para mesas, identificação para os carimbos, caixas de transporte	10	Conhecimento das condições necessárias para a implementação dos 5S
5	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário.	20	Os participantes observam como funciona a linha produtiva
6	Avaliação do desempenho e análise dos problemas da Simulação	Quadro Magnético	10	Detecção de Problemas.

4.3.2. LAYOUT UTILIZADO

O Layout utilizado na simulação dos 5S é igual ao utilizado na primeira simulação, contudo foram criadas condições para eliminar eventuais perdas e desperdícios através da aplicação da ferramenta 5S.

Os 5S auxiliarão na reorganização dos locais de trabalho, facilitarão a identificação dos materiais, eliminam os itens obsoletos ou desnecessários e contribuem para a melhoria do ambiente de trabalho.

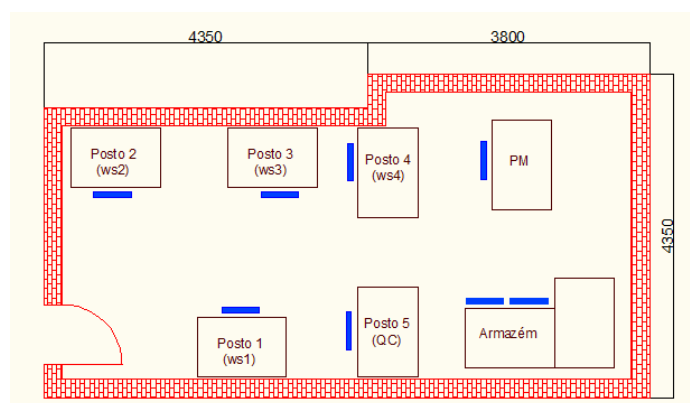


Figura 41 - Layout utilizado na Iteração dos 5S.

4.3.3. IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA

Nesta simulação partiu-se de uma situação com alguns constrangimentos que se tentou resolver com a aplicação da ferramenta 5S, sendo assim aplicaram-se as cinco variáveis da ferramenta de forma a sistematizar as actividades de arrumação, de organização e limpeza dos locais de trabalho.

ORGANIZAÇÃO DOS POSTOS DE TRABALHO E IDENTIFICAÇÃO DOS CARIMBOS

A organização dos postos de trabalho evidencia o “*Seiton*”, isto é, o senso de ordenação. Nesta fase é necessário salientar a necessidade de um espaço organizado, e para isto necessita-se de delimitar a zona das ferramentas e equipamentos para que se consiga otimizar o fluxo do trabalho. Este processo deve ser feito de forma a eliminar os movimentos desnecessários.

Pode-se identificar como resultados do senso de organização:

- Economia de tempo;
- Facilidade na localização das ferramentas;

- Redução de locais inseguros.

Aqui também se pode verificar o "*Seiketsu*", pode-se demonstrar o senso de padronização, traduzindo-se na fixação de padrões de cores, formas, iluminação, localização ou placas.

Podem-se evidenciar como principais resultados da aplicação deste conceito:

- Facilidade de localização e identificação dos objectos e ferramentas;
- Equilíbrio físico e mental;
- Melhoria nas condições de segurança.

O "*Seiri*" ou senso de utilização, este faz referência à verificação de todas as ferramentas e materiais na área de trabalho e manter somente os itens essenciais para o trabalho que está sendo realizado. Este processo conduz a uma diminuição dos obstáculos à produtividade do trabalho.

Os resultados da aplicação do Senso de Utilização são imediatamente evidenciados.

- Ganho de espaço nos Postos de trabalho;
- Postos mais limpos e organizados;
- Melhor controlo dos stocks.

Para um melhor controlo visual foram delimitadas as seguintes áreas nos postos de trabalho:

- Materiais em curso (Delimitação de cor azul);
- Materiais não conformes (Delimitação de cor de laranja);
- Máquina (Delimitação de cor amarela);
- Produto acabado (Delimitação de cor verde).



Figura 42 - Organização do posto de trabalho 1 e 2.



Figura 43 - Organização do posto de trabalho 3 e Controlo de qualidade.



Figura 44 - Organização do posto de trabalho 4.

Outra melhoria efectuada foi a identificação dos carimbos, para que não haja trocas na colocação dos carimbos na máquina de etiquetas. Como se pode verificar com a colocação da identificação nos carimbos poupa-se tempo na sua substituição, esta tarefa será muito facilitada com esta pequena alteração uma vez que assim diminuí as possibilidades da utilização de carimbo errado.

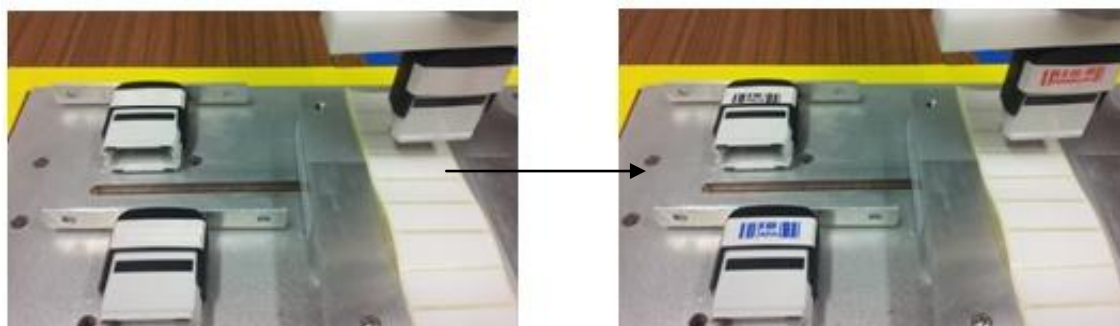


Figura 45 - Alteração efectuada nos carimbos.



Figura 46 - Colocação de identificação nos carimbos.

ORGANIZAÇÃO E RECODIFICAÇÃO DO ARMAZÉM

A recodificação e organização do armazém faz utilizar o “*Seiso*” ou senso de limpeza, este designa a necessidade de manter o espaço de trabalho mais limpo possível, facilitando a localização do que é essencial. O foco deste procedimento é lembrar que a limpeza deve ser parte do trabalho diário, e não uma mera actividade ocasional quando os objectos estão muito desordenados.

A aplicação do senso de limpeza traz como resultado:

- Ambiente mais agradável;
- Redução da possibilidade de trocas de material;
- Melhor conservação de ferramentas e equipamentos.

Com esta ferramenta aplicada, fica-se com os componentes todos organizados e codificados de forma a permitir que o transportador facilmente identifique os componentes a movimentar para os postos de trabalho.

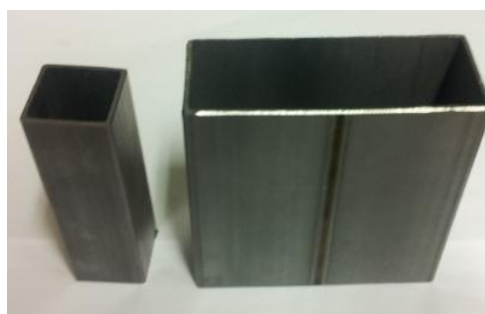



















Figura 47 - Recipientes para organização do armazém.

A organização dos componentes no armazém faz com que seja melhorado o tempo de fornecimento dos postos de trabalho. Os recipientes acima demonstrados foram desenvolvidos nas oficinas mecânicas do ISEP e foram construídos para serem colocados dentro das caixas

SUCA com os componentes necessários para cada posto de trabalho já contados na fase de preparação do jogo.

Outra melhoria aplicada foi associar a referência numérica ao nome do componente, assim tornou-se muito mais intuitiva a selecção dos materiais a fornecer aos postos de trabalho pelo armazém.

Tabela 19 - Tabela com recodificação dos constituintes da caneta.

Referencia	Designação	Imagem	Referencia	Designação	Imagem
1100011	Carga Azul		1100028	Clip Azul	
2200012	Carga Preta		2200029	Clip Preto	
3300013	Carga Vermelha		3300030	Clip Vermelho	
1100015	Corpo Inferior Azul		1100025	Pino Azul	
2200016	Corpo Inferior Preto		2200026	Pino Preto	
3300017	Corpo Inferior Vermelho		3300027	Pino Vermelho	
1100021	Corpo Superior Azul		5500024	Pino Branco	
2200022	Corpo Superior Preto		4400014	Mola	
3300023	Corpo Superior Vermelho				

Esta tabela deve estar impressa junto ao armazém, de forma a permitir a rápida identificação dos materiais.

TAREFA COMUM A TODOS OS POSTOS DE TRABALHO

O “*Shitsuke*” ou senso de disciplina é a última etapa da aplicação dos 5S e é definida pelo cumprimento e comprometimento pessoal para com as etapas anteriores. Esta etapa só está a ser concretizada se os operários fazem a sua tarefa mesmo sem o gestor da produção estar a vigiar os trabalhos. Aplicando o senso de disciplina conseguimos obter:

- Melhor qualidade, produtividade e segurança no trabalho;
- Trabalho mais agradável;
- Melhoria nas relações humanas;
- Cumprimento dos procedimentos operacionais e administrativos.

ANÁLISE DOS DADOS APURADOS NA SIMULAÇÃO.

No decorrer das simulações foram retirados tempos das operações para que fosse possível efectuar uma comparação da situação inicial com a situação após a implementação da ferramenta 5S.

Tabela 20 - Tempos obtidos na Simulação da ferramenta 5S.

Simulação 5S						
OP/Lote/Cor	Tempo PT1 (s)	Tempo PT2 (s)	Tempo PT3 (s)	Tempo QC (s)	Tempo PT4 (s)	Tempo Armazém (s)
OA/30/Vermelho	0	0	0	0	164	14
OA/31/Preto	0	0	0	98	204	16
OA/32/Vermelho	0	0	147	70	202	17
OA/33/Azul	118	137	136	92	168	38
OB/34/Azul	141	164	204	62	131	88
OB/35/Preto	119	146	113	77	169	100
OB/36/Vermelho	140	122	106	74	61	96
OB/37/Vermelho	141	132	163	58	0	79
OB/38/Preto	132	163	0	0	0	0
OB/39/Azul	98	0	0	0	0	0
Média Tempos	132	142	142	76	169	88

Após terem sido verificados os tempos de produção dos lotes calcula-se o tempo médio para cada posto e obteve-se o seguinte gráfico.

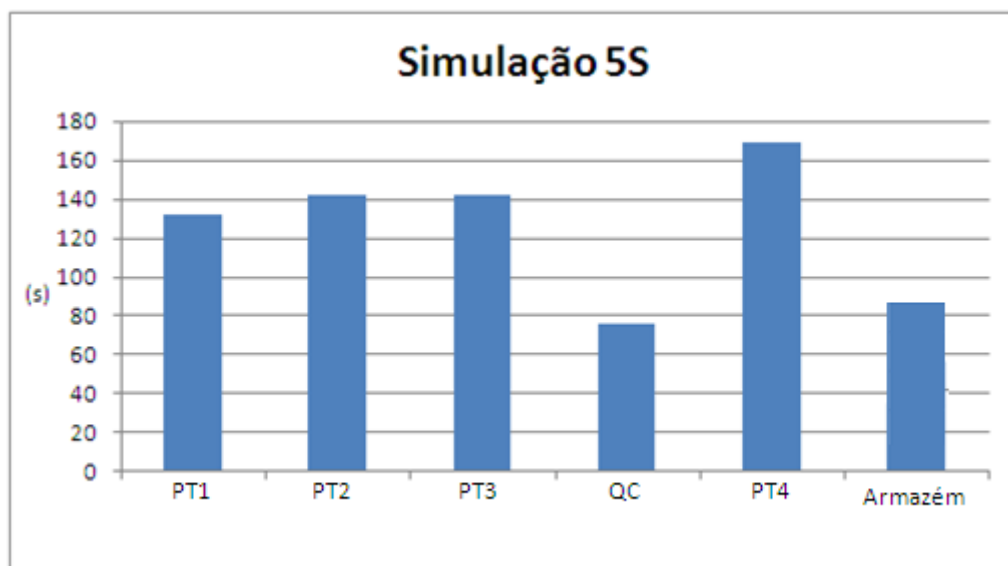


Figura 48 - Gráfico de tempos médios da Simulação da ferramenta 5S.

Com o gráfico dos tempos médios da simulação da ferramenta 5S verifica-se que as operações do Posto de Controlo de Qualidade e do Armazém continuam a ter tempos de produção menores, também se pode verificar que a operação de embalagem no posto de trabalho nº4, apesar de ter uma melhoria nos tempos obtidos, continua a ter tempos de produção maiores, sendo ela o gargalo na produção.

Tabela 21 - Dados retirados da Simulação da ferramenta 5S.

OP/Lote/Cor	Tempo total de Produção (s)	Tempo de Paragem (s)	Canetas Embaladas
OA/30/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/31/Preto	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/32/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/33/Azul	699	87	15
OB/34/Azul	780	521	15
OB/35/Preto	657	131	15
OB/36/Vermelho	538	Lote por terminar	7
OB/37/Vermelho	531	Lote por terminar	0
OB/38/Preto	295	Lote por terminar	0
OB/39/Azul	98	Lote por terminar	0
(*) Não se pode contabilizar o Tempo Total de Produção e o Tempo de Paragem uma vez que o lote já se encontra em curso.			

Com os tempos obtidos e os dados retirados na Simulação da ferramenta 5S, pode-se verificar que se conseguiu terminar os três lotes que se encontravam em curso, além destes também se terminaram os lotes OA/33/Azul, OA/34/Azul e OB/35/Preto. No lote OB/36/vermelho ficou no posto de trabalho nº4, mas não se conseguiu embalar todas as canetas, apenas foram

consideradas sete unidades. O lote OB/37/Vermelho terminou a simulação no posto de Controlo de Qualidade. O lote OB/38/Preto terminou a simulação no posto de trabalho nº2 e o lote OB/39/Azul apenas foi iniciado no Posto de trabalho nº1, não tendo passado por mais nenhuma operação.

Tabela 22 - Dados estatísticos da simulação da ferramenta 5S.

Dados Estatísticos Simulação Ferramenta 5S			
Produção	Planeado	Actual	Estado
Vermelho	60	30	NOK
Azul	45	30	NOK
Preto	45	30	NOK
Nº de Peças Total	150	90	NOK
Qualidade			
Nº de Não Conformidades			0
Nº de Canetas por minuto		4,5	

Como se pode verificar pelos dados obtidos na tabela 22, foi planeada uma produção de 150 unidades, sendo produzidas 97 unidades. Nesta iteração produziram-se 4,5 canetas por minuto.

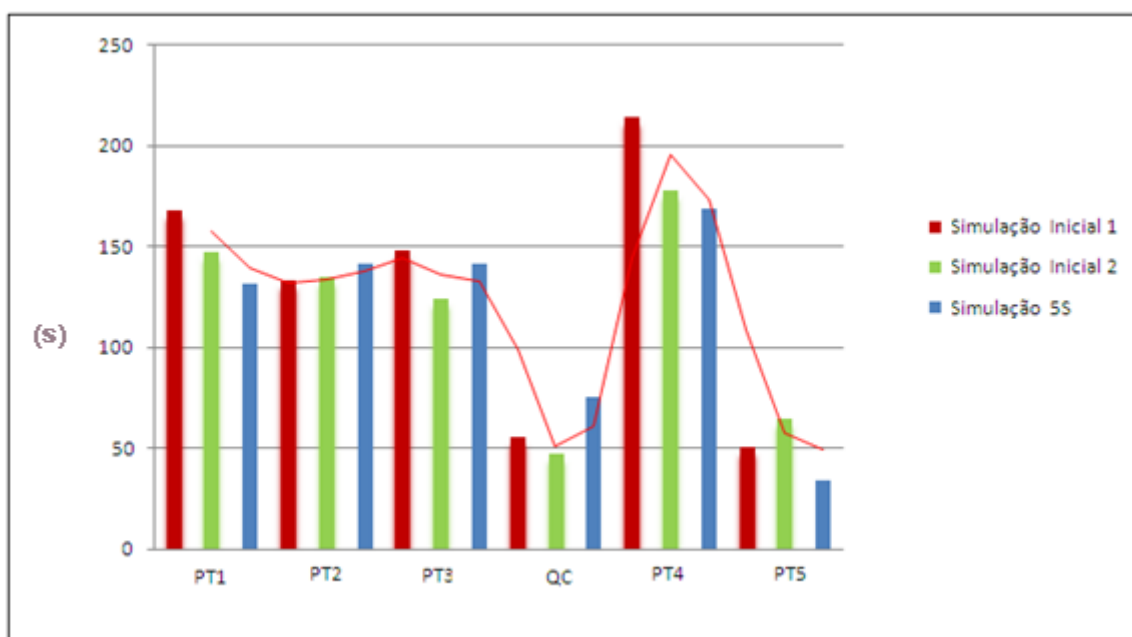


Figura 49 - Gráfico comparativo entre tempos médios das Simulações Iniciais e a Simulação dos 5S.

Comparando os tempos médios obtidos nas duas simulações iniciais com os tempos médios obtidos na Simulação dos 5S pode-se concluir que os postos de trabalho número 1, 4 e 5 tiveram uma redução do tempo médio de trabalho. No posto de trabalho nº3 apesar de terem sido efectuadas melhorias ao nível da organização do posto, o tempo obtido foi superior ao da

segunda iteração da simulação inicial. O posto de trabalho nº2 e o controlo de qualidade tiveram um aumento do tempo de trabalho relativamente às simulações anteriores. Apesar de não ter sido otimizado o tempo em todos os postos de trabalho, com a aplicação da ferramenta 5S conseguiu-se aumentar o número de OP concluídas relativamente às simulações iniciais, na primeira iteração da simulação inicial obteve-se 5 lotes completos, na segunda iteração da simulação inicial apenas se concluíram 4 lotes, já na simulação dos 5S foram terminados 6 lotes.

4.4. SIMULAÇÃO PARA IMPLEMENTAR A FERRAMENTA ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT

Implementando a ferramenta Organização de Layout pretende-se:

- Identificar os principais passos da metodologia Organização de Layout;
- Os benefícios da alteração/reconfiguração do local dos postos de trabalho;
- Os ganhos de eficiência associados ao novo Layout.

As principais restrições que são identificadas para a simulação têm a ver com o espaço da sala e tamanho das mesas que condicionam a organização do layout utilizado. Após a implementação da ferramenta pretende-se que os alunos identifiquem os ganhos inerentes ao novo layout sendo eles:

- Diminuição dos transportes entre postos de trabalho;
- Fluxo produtivo otimizado;
- Diminuição do tempo de produção por lote.

Assim que os alunos conseguirem atingir os objectivos propostos no jogo a sua tarefa foi bem-sucedida.

4.4.1. RECURSOS NECESSÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO

Para implementar a Organização de Layout, são necessários os mesmos recursos humanos que nas simulações anteriores.



Figura 50 - Disposição da sala para a simulação.

O tempo necessário para executar a simulação desta ferramenta è de cerca de 55 minutos, a divisão de tempos por tarefa está descrito na tabela abaixo.

Tabela 23 - Tempos e Tarefas para a Simulação de Organização de Layout.

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Canetas, caixas e documentos	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação da ferramenta Organização de Layout	Apresentação Power Point da ferramenta Organização de Layout	10	Os participantes ficam a conhecer a ferramenta a estudar
3	Sugestões de melhoria	Quadro Magnético	5	Melhoria das condições iniciais para o arranque da simulação
4	Desenhar o spaghetti diagram	Quadro Magnético ou um software próprio para o efeito	5	Assim obtemos o Layout Optimizado
5	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	20	Os participantes observam como funciona a linha produtiva
6	Avaliação do desempenho e análise dos problemas da Simulação	Quadro Magnético	5	Detecção de Problemas

4.4.2. LAYOUT UTILIZADO

Para o estudo desta ferramenta teve-se em conta o layout da simulação inicial como sendo a base de Organização para o novo layout.

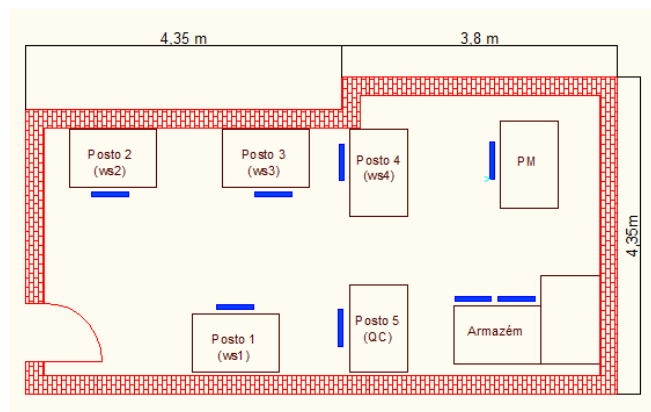


Figura 51 - Layout sujeito a Organização.

Para se obter o melhor layout possível, procedeu-se à execução de Diagramas “Spaghetti” para analisar as distâncias percorridas pelos transportadores. Devemos ter em conta que as pessoas não se movimentam em linha recta, sendo assim o Diagrama “Spaghetti” deve representar as linhas reais do movimento.

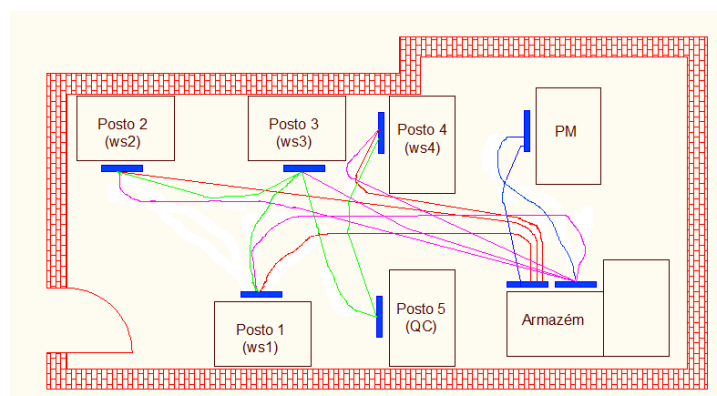


Figura 52 - Diagramas “Spaghetti” da situação inicial

Após a análise do Diagrama “Spaghetti” da situação inicial verificou-se que os percursos efectuados são muito extensos e que há um grande fluxo de movimentações entre os postos. Outro aspecto a ter em conta é a área ocupada pelo layout, na situação inicial a área ocupada é de 21,2 m², esta área representa cerca de 77% da área total do laboratório (27,5 m²).

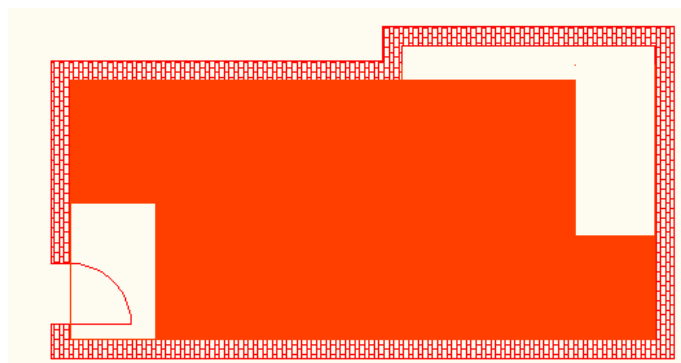


Figura 53 - Área ocupada pela simulação da situação inicial.

De forma a otimizar o fluxo operacional optou-se por utilizar um layout onde os transportes entre postos de trabalho seriam minimizados, para isso decidiu-se utilizar o layout na imagem abaixo:

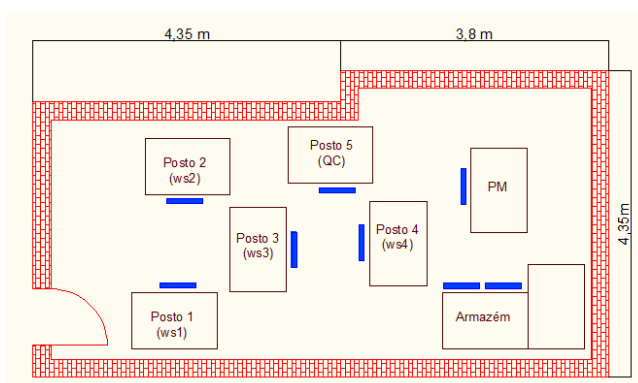


Figura 54 - Layout utilizado na iteração da ferramenta Organização de Layout.

Neste layout os transportadores só seriam utilizados para fornecer os Postos de trabalho 1, 2 e 4 e recolher o material terminado no posto 4 para colocar no armazém de produto terminado, as movimentações entre postos seria feito pelos próprios operários, uma vez que os postos se encontravam dispostos para que quando os operários dos postos 1, 2, 3 e controlo de qualidade terminassem a sua tarefa conseguissem colocar o seu produto final na tarefa seguinte.

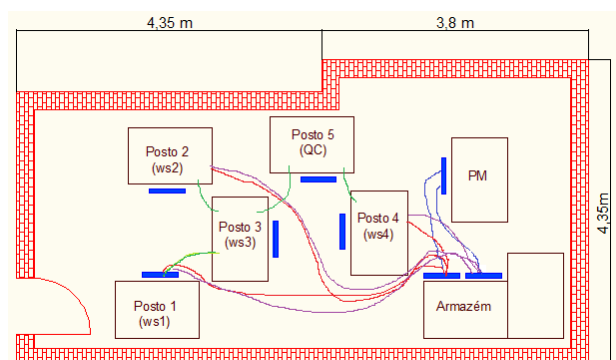


Figura 55 - Diagramas “Spaghetti” da Iteração de Organização de Layout.

O Diagrama “Spaghetti” mostra que as premissas que foram tidas em conta foram alcançadas, também se verificou que a área ocupada por este layout seria inferior ao layout inicial. A área ocupada é de 19,9m² esta área representa cerca de 72% da área total do laboratório (27,5 m²). Este layout será o utilizado para a iteração de Organização de Layout.

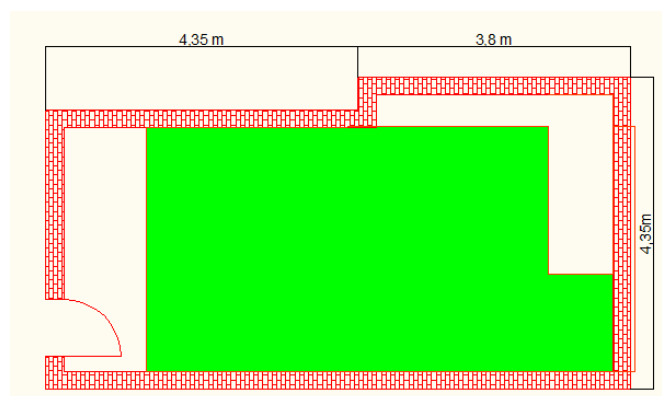


Figura 56 - Área ocupada pela iteração da Organização de Layout.

4.4.3. ANÁLISE DOS DADOS APURADOS NA SIMULAÇÃO

No decorrer desta simulação foram retirados tempos das operações para que fosse possível efectuar uma comparação com as duas iterações da simulação inicial e assim verificar os ganhos com a aplicação desta ferramenta.

Tabela 24 - Tempos obtidos na simulação da ferramenta Organização de Layout.

Simulação Organização Layout						
OP/Lote/Cor	Tempo PT1 (s)	Tempo PT2 (s)	Tempo PT3 (s)	Tempo QC (s)	Tempo PT4 (s)	Tempo Armazém (s)
OA/30/Vermelho	0	0	0	0	155	18
OA/31/Preto	0	0	0	96	192	16
OA/32/Vermelho	0	0	118	128	161	13
OA/33/Azul	112	134	119	92	160	46
OB/34/Azul	103	157	115	102	133	90
OB/35/Preto	116	135	117	88	162	77
OB/36/Vermelho	114	131	124	102	165	91
OB/37/Vermelho	112	135	82	102	35	52
OB/38/Preto	151	138	132	97	0	74
OB/39/Azul	116	135	117	115	0	79
OB/40 Vermelho	124	139	127	0	0	87
OB/41/Preto	116	134	0	0	0	0
Média Tempos	116	135	118	102	161	78

Após terem sido verificados os tempos de produção dos lotes calcula-se o tempo médio para cada posto e obteve-se o seguinte gráfico.

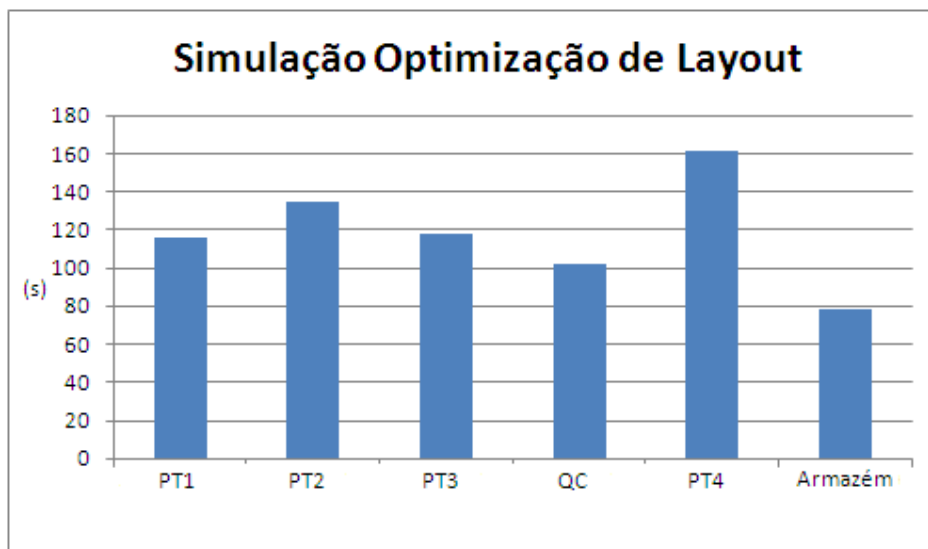


Figura 57 - Gráfico de tempos médios da Simulação da ferramenta Organização de Layout.

Com o gráfico dos tempos médios da simulação da ferramenta Organização de Layout verifica-se que o Posto de Controlo de Qualidade nesta simulação esteve mais lento, contudo não provocou paragens na produção. O Armazém continua a ser muito rápido, também se pode verificar que a operação de embalagem no posto de trabalho nº4, apesar de ter uma melhoria nos tempos obtidos, continua a ser a mais lenta, sendo ela o gargalo na produção.

Tabela 25 - Dados retirados da Simulação da ferramenta Organização de Layout.

OP/Lote/Cor	Tempo total de Produção (s)	Tempo de Paragem (s)	Canetas Embaladas
OA/30/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/31/Preto	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/32/Vermelho	Lote em Curso (*)	Lote em Curso (*)	15
OA/33/Azul	663	98	15
OB/34/Azul	700	150	15
OB/35/Preto	695	75	15
OB/36/Vermelho	727	84	15
OB/37/Vermelho	518	Lote por terminar	5
OB/38/Preto	592	Lote por terminar	0
OB/39/Azul	562	Lote por terminar	0
OB/40 Vermelho	477	Lote por terminar	0
OB/41/Preto	250	Lote por terminar	0
(*) Não se pode contabilizar o Tempo Total de Produção e o Tempo de Paragem.			

Com os tempos obtidos e os dados retirados na Simulação da ferramenta Organização de Layout, pode-se verificar que se conseguiu terminar os três lotes que se encontravam em curso, além destes também se terminaram os lotes OA/33/Azul, OA/34/Azul, OB/35/Preto e OB/36/vermelho. O lote OB/37/Vermelho não conseguiu chegar ao fim da linha de produção, este ficou no posto de trabalho nº4, onde se conseguiram embalar apenas cinco unidades. Os lotes OB/38/Preto e OB/39/Azul terminaram a simulação no posto de Controlo de Qualidade, já o lote OB/40 Vermelho ficou no posto de trabalho 3. O lote OB/41/Preto terminou a simulação no posto de trabalho nº2.

Tabela 26 - Dados estatísticos da simulação da ferramenta Organização de Layout.

Dados Estatísticos Simulação Ferramenta Organização de Layout			
Produção	Planeado	Actual	Estado
Vermelho	75	50	NOK
Azul	45	30	NOK
Preto	60	30	NOK
Nº de Peças Total	180	110	NOK
Qualidade			
Nº de Não Conformidades			0
Nº de Canetas por minuto	5,5		

Como se pode verificar pelos dados obtidos na tabela acima, foi planeada uma produção de 180 unidades, sendo produzidas 110 unidades. Nesta iteração produziram-se 5,5 canetas por minuto.

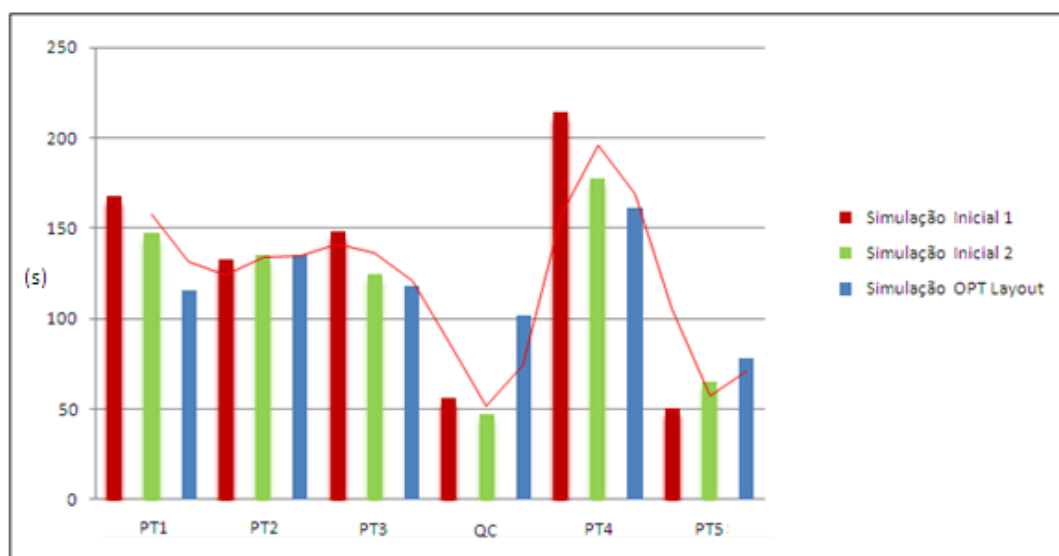


Figura 58 - Gráfico comparativo entre tempos médios das Simulações Iniciais e a Simulação de Organização de Layout.

Comparando os tempos médios obtidos nas duas simulações iniciais com os tempos médios obtidos na Simulação da Organização de Layout podemos concluir que os postos de trabalho número 1, 3 e 4 tiveram uma redução do tempo médio de trabalho. O posto de trabalho nº 2 teve um tempo de produção muito similar ao das duas simulações anteriores. O posto de controlo de qualidade e o posto de trabalho nº5 tiveram um aumento do tempo de trabalho relativamente às simulações anteriores. Apesar de não ter sido optimizado o tempo em todos os postos de trabalho, com a aplicação da ferramenta Organização de Layout conseguiu-se aumentar o número de OP concluídas relativamente às simulações iniciais, na primeira iteração da simulação inicial obteve-se 5 lotes completos, na segunda iteração da simulação inicial apenas se concluíram 4 lotes, já na simulação da Organização de Layout foram terminados 7 lotes. As melhorias na produção devem-se na sua maioria a diminuição dos transportes entre postos, esta Organização permite acelerar as passagens de materiais para os postos seguintes, optimizando o fluxo produtivo.

4.5. SIMULAÇÃO PARA IMPLEMENTAR A FERRAMENTA TPM

Para aplicação do TPM não se tem de fazer uma simulação direccionada para os tempos de produção, mas sim direccionada para a manutenção dos elementos do “Jogo” para que se consiga ter os elementos certos no tempo certo e 100% funcionais.

4.5.1. OBJECTIVOS E RESTRIÇÕES DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA TPM

O objectivo desta simulação da ferramenta TPM é comprovar os benefícios da implementação de Manutenção nas organizações e identificar os ganhos de eficiência associados à utilização da ferramenta. Aqui pretende-se demonstrar como se pode implementar a Manutenção de forma a aumentar a disponibilidade da máquina de etiquetar e restantes materiais.

As principais restrições que são identificadas para a aplicação da ferramenta estão relacionadas com a configuração da máquina e a definição dos processos de manutenção ideais para que esta máquina seja o mais fiável possível.

Assim que os alunos conseguirem atingir os objectivos propostos no jogo a sua tarefa foi bem-sucedida.

4.5.2. RECURSOS NECESSÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO

Para implementar o TPM é necessário ter em conta:

- Tempo necessário para efectuar a simulação,
 - O tempo desta simulação é variável, mas nunca deve exceder os 40 minutos.
- Recursos humanos:
 - 2 Operários;
 - 1 Gestor da Manutenção.
- Materiais (Anexo C);
- Documentos (Anexo B).

Estes recursos são necessários para proporcionar ao “Jogo” soluções para que as tarefas sejam desempenhadas da melhor forma possível

A tabela abaixo demonstra os tempos necessários para cada tarefa da simulação.

Tabela 27 - Tempos e descrição de tarefas da simulação.

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Documentos, ferramentas necessárias para a manutenção da máquina.	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação da Ferramenta TPM	Apresentação Power Point da ferramenta TPM	5	Os participantes ficam a conhecer a ferramenta a estudar
3	Sugestões de Melhoria	Quadro Magnético	10	Melhoria das condições iniciais para o arranque da simulação
4	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	Tempo necessário para efectuar a manutenção	Os participantes observam como funciona a máquina Os participantes já efectuar a manutenção
5	Elações retiradas da Simulação	Quadro Magnético	5	Identificação dos principais problemas.

4.5.3. MANUTENÇÃO DA MÁQUINA DE ETIQUETAS

Tendo em conta que a máquina de etiquetas que foi utilizada nas simulações anteriores tinha características muito simples e foi desenvolvida para simular a ferramenta SMED (troca rápida de ferramenta), optou-se por projectar uma máquina em SolidWorks™ mais complexa, para que se conseguisse verificar efectivamente os passos da ferramenta TPM com mais pormenor.

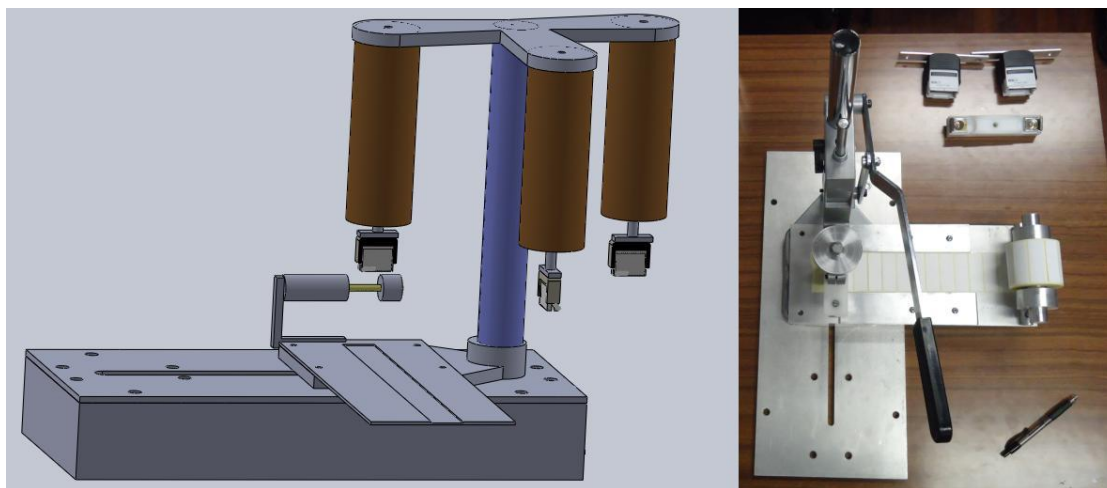


Figura 59 - Nova máquina de etiquetas e a máquina utilizada nas simulações anteriores.

A máquina utilizada nas simulações anteriores é controlada manualmente pelo operador, já a nova máquina é controlada através de automação com um controlador DDC (Direct Digital Control), este controlador recebe informações do computador e envia para a máquina, sendo as operações efectuadas à medida que são inseridas no computador.

Tendo como base a máquina antiga, foram aproveitadas as duas bases metálicas, a placa base da máquina e a que faz a condução da fita das etiquetas, também foram utilizados os carimbos que existiam anteriormente, sendo acoplados ao pistão dos cilindros eléctricos. Todos os restantes elementos foram desenvolvidos por forma a otimizar a máquina, sendo eles, novo suporte do rolo de etiquetas que é acoplado por aperto na placa de condução das fitas, cilindros eléctricos com um pistão de 200 mm (distância necessária para que o carimbo imprima a etiqueta), um suporte de rolos que permite acoplar três cilindros eléctricos, motor eléctrico (actuador de registo de com comando de 0 a 10Volts) que permite a rotação do suporte dos rolos para a selecção da cor a carimbar, e o pilar onde o suporte dos cilindros fica acoplado.

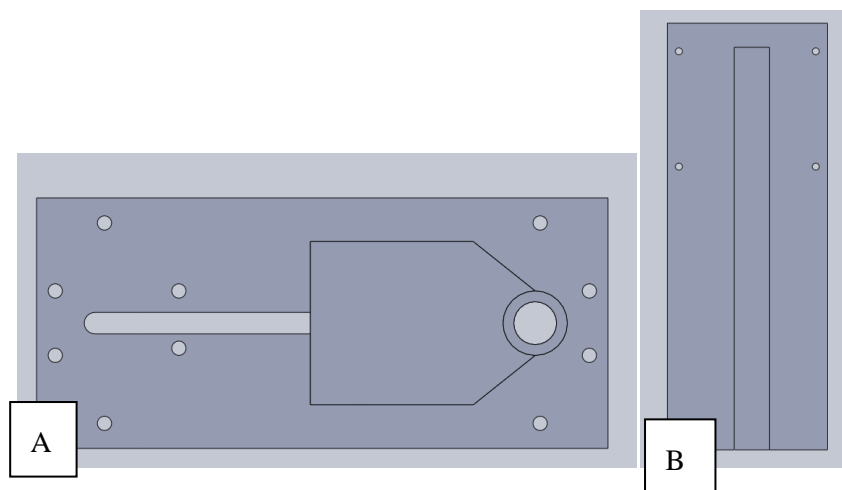


Figura 60 - Placa Base da máquina (A) e placa de condução das fitas de etiquetas (B).

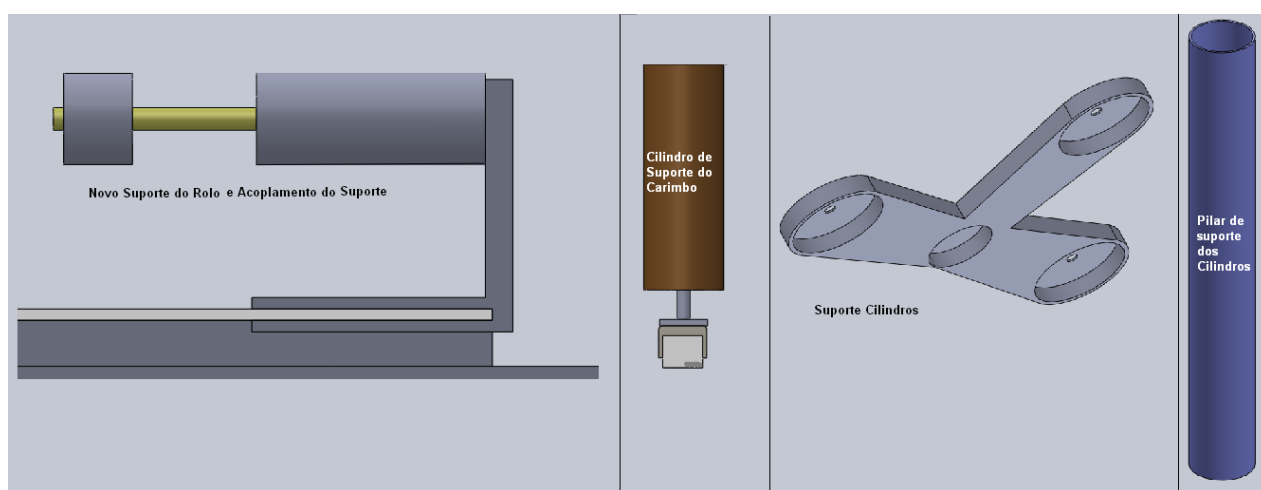


Figura 61 - Elementos de Organização da máquina de etiquetas.

A nova máquina tem o funcionamento baseado na programação presente no autómato, para esse efeito foi efectuada a programação CFC (Continuous Function Chart), esta programação é efectuada com blocos interligados que representam entradas e saídas digitais ou analógicas, a programação está presente na imagem seguinte.

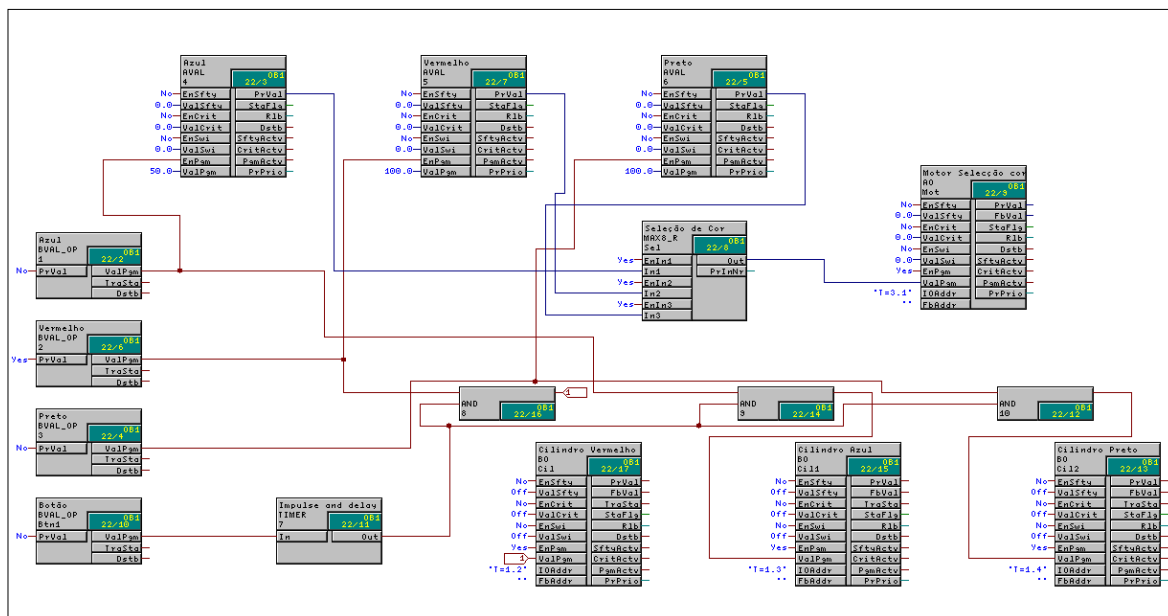


Figura 62 - Programação presente no autômato.

A programação do Autômato tem as seguintes premissas:

- Três botões de selecção de Cor (Azul, vermelho ou preto);
- Um botão para avanço do Cilindro – Cada cilindro só avança se o botão da cor respectiva estiver activado, o ciclo do cilindro é de 5 segundos. Cada cilindro tem uma saída binária associada;
- O Motor selecciona a cor de acordo com o botão de cor seleccionado, sendo assim, 0Volts representa a cor Azul, 5 Volts representa a cor Vermelha e 10Volts representa a cor Preta.

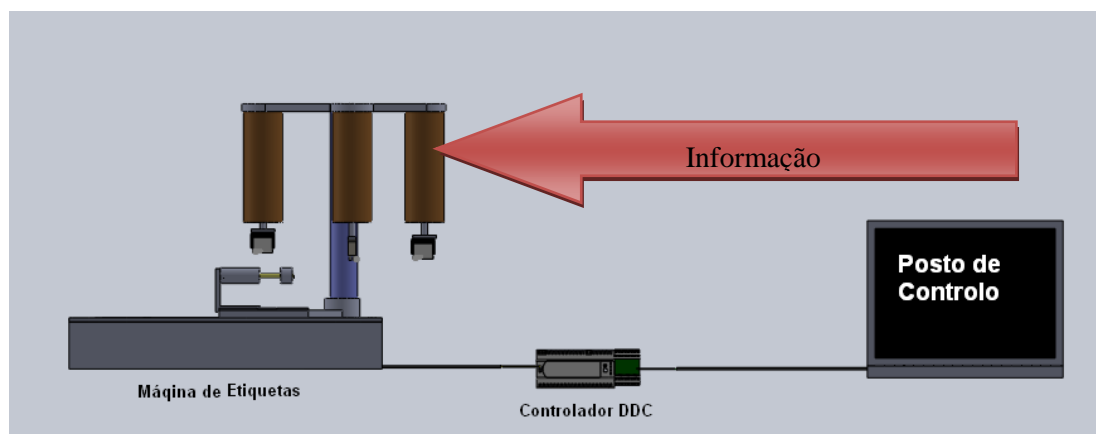


Figura 63 - Representação da nova máquina de etiquetas com o controlador DDC e PC.

O princípio de funcionamento da máquina é o seguinte:

- O operador posiciona a etiqueta;
- Selecciona a cor através do PC e o motor acoplado à haste central faz girar o suporte dos carimbos e posiciona o carimbo da cor desejada.
- O carimbo estando posicionado o operador acciona o cilindro no ambiente gráfico do PC e este desce carimbando a etiqueta.

O motor está posicionado na parte inferior da máquina e tem um veio que percorre todo o pilar central até ao suporte dos cilindros. O veio do motor é roscado ao suporte dos cilindros e é suportado por um vedante de borracha na zona inferior.

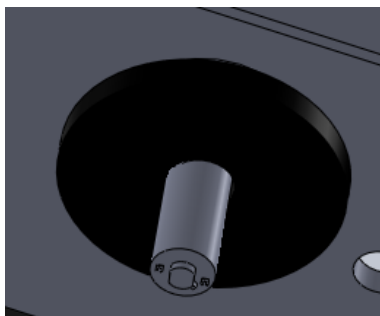


Figura 64 - Motor colocado na zona inferior da máquina.

A figura seguinte representa o interface com o utilizador do autómato de controlo da máquina de etiquetas, este interface foi efectuada no Software SCADATM (Supervisory Control and Data Acquisition).



Figura 65 - Interface com o utilizador.

LIMPEZA INICIAL E INSPECÇÃO

A ferramenta TPM está directamente relacionada com a ferramenta 5S. Aqui deve-se utilizar 3 dos 5 princípios indicados na ferramenta. O primeiro princípio para a eliminação das perdas é a prática do “*Seiri*” - eliminar o que é inútil, “*Seiton*” - arrumar e manter de forma racional cada coisa no seu lugar (para eliminar perdas de tempo), “*Seiso*” – manter os equipamentos limpos (pois tal permite uma melhor procura e detecção de anomalias).

Esta simulação terá a função de preparar os equipamentos para as simulações da produção e para isso deve garantir que todos os componentes necessários para as simulações se encontram operacionais, sendo assim os passos a ter para que esta tarefa seja concluída com sucesso é:

Passo 1 – Aplicação do “*Seiri*” – Aqui deve-se eliminar tudo o que não crie valor no processo e provoque constrangimentos, mais uma vez deve-se colocar apenas o que é necessário para a simulação ao alcance dos intervenientes e tudo o que não é necessário não deve estar presente.

Passo 2 – Aplicação do “*Seiron*” – Este passo está directamente ligado com a organização do local da simulação, deve-se garantir que quando se termina a manutenção da máquina, os elementos no posto de trabalho são dispostos da mesma forma que se encontravam antes da manutenção, isto é organizados de acordo com o layout do posto de trabalho

Passo 3 – Aplicação do “Seiso” – Neste passo deve-se garantir que a máquina de impressão de etiquetas está devidamente limpa e funcional, também não se pode descuidar o estado dos carimbos, para que não haja nenhum tipo de falha proveniente da incorrecta manutenção da máquina e que possa vir a provocar atrasos.

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

Para a manutenção da máquina de etiquetas deve-se ter em conta os elementos sujeitos a desgaste, sendo eles:

- Suporte do rolo de Etiquetas;
- Cilindros Eléctricos;
- Motor de selecção dos carimbos e vedante de suporte;
- Carimbos.

Além dos elementos descritos anteriormente, também se deve ter em conta todos os elementos constituintes da máquina, tais como, cabos eléctricos, computador estrutura da máquina.

O primeiro passo para iniciar a manutenção é retirar as peças mais solicitadas para verificação/ reparação da sua situação:

- Retirar o suporte do rolo de etiquetas: Para retirar o suporte do rolo de etiquetas basta ter uma chave de fendas para facilitar a sua saída, uma vez que este é acoplado à máquina por aperto.

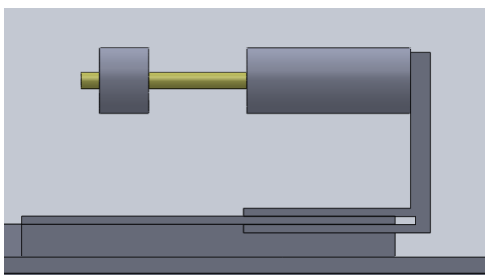


Figura 66 - Pormenor do suporte do rolo de etiquetas.

- Retirar os cilindros eléctricos: É necessário desapertar o parafuso sextavado central para separar o cilindro do suporte e desligar os conectores eléctricos.

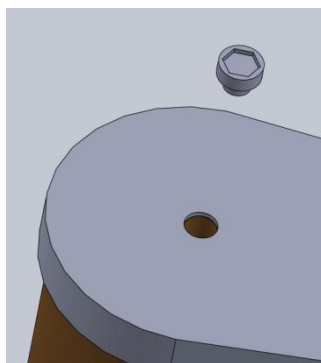


Figura 67 - Parafuso de fixação do cilindro.

- Retirar o motor de selecção dos carimbos: Para retirar o motor, inicialmente deve-se desligar os conectores eléctricos e de seguida retirar o vedante inferior por fim tem-se de desenroscar o veio do suporte dos cilindros.

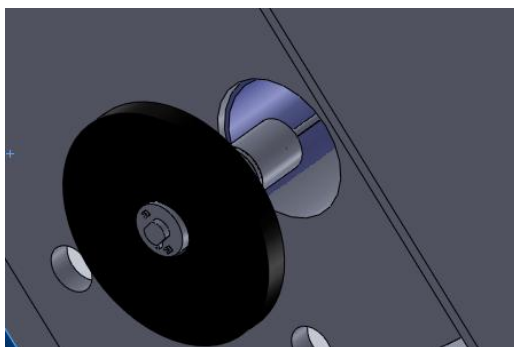


Figura 68 - Remoção do vedante do motor.

- Retirar os carimbos – Para retirar os carimbos basta puxar o carimbo com a mão uma vez que foi criado um sistema de colocação rápido.

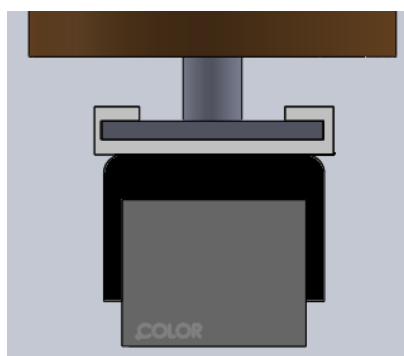


Figura 69 - Carimbo acoplado ao êmbolo do cilindro.

O segundo passo da manutenção passa por uma inspecção das peças retiradas, esta inspecção pode ser visual e caso necessário intervir de forma a solucionar potenciais problemas.

Para que este passo seja efectuado com maior rigor possível, deve-se inspeccionar os seguintes elementos:

- Suporte do rolo de Etiquetas: deve-se verificar se a zona de aperto à máquina se encontra com a dimensão desejada, para esta análise deve-se utilizar um paquímetro, também se deve analisar se o veio de suporte do rolo de etiquetas não tem empenos que dificultem o desenrolar do rolo quando a máquina está a trabalhar.
- Cilindros Eléctricos: deve-se energizar os cilindros e verificar se o curso é o desejado, isto é a distância necessária para que a etiqueta fique bem impressa.
- Motor de selecção dos carimbos e vedante de suporte: para testar o motor deve-se energizar o motor e ligá-lo ao controlador. Após este estar conectado deve-se dar comando para as diferentes cores e verificar se o motor avança para o sítio esperado.
- Carimbos: Os carimbos utilizados na máquina de etiquetagem são os carimbos auto-tintados, estes dispensam o uso de almofada externa com tinta e tem uma capacidade de 4000 utilizações sem necessidade de recarregar.
- Os carimbos são compostos por um chassis e um suporte de almofada de tinta removível.



Figura 70 - Carimbo utilizado.

Para efectuar a recarga dos carimbos tem-se de seguir um procedimento relativamente simples mas que deve ser executado de acordo com as indicações abaixo:

- Retirar a tampa superior, efectuar a recarga de tinta (tinta própria para carimbos), para efectuar a recarga deve-se colocar a tinta na almofada até esta ficar embebida, após a recarga volta-se a colocar a tampa superior.
- Após a colocação da tampa superior do carimbo deve-se proceder à utilização deste até que a impressão seja uniforme.

Esta manutenção é relativamente simples mas de extrema importância, uma vez que as etiquetas tem de ser perfeitamente impressas para garantir a qualidade da embalagem das canetas e serem mantidos os padrões impostos.

O último passo da manutenção da máquina de etiquetas será voltar a montar as peças da máquina e testar a sua funcionalidade.

4.6. RESUMO

Neste capítulo foram descritos os resultados obtidos com as simulações das ferramentas 5S e Organização de Layout e efectuou-se a comparação com as duas iterações da simulação inicial, após a comparação foram obtidos gráficos e dados estatísticos das simulações das ferramentas. Para a ferramenta TPM por motivo de falta de tempo não foi possível construir a máquina, mas conseguiu-se simular informaticamente o seu funcionamento.

Para as simulações iniciais e das ferramentas 5S e Organização de Layout foi criada uma mala de transporte compacta que permite transportar o jogo, a descrição da mala está presente nos Anexos C, D e E (Manuais dos Jogos).



Figura 71 - Mala de transporte do Jogo.

5. CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES

No presente texto conseguiu-se demonstrar os benefícios das ferramentas Lean estudadas, sendo elas, 5s, Organização de Layout e TPM, através da demonstração de resultados obtidos nas diversas simulações do jogo.

As ferramentas 5S e Organização de Layout estão suportadas por simulações que permitem ter valores referência para as futuras aulas, os valores foram medidos e analisados no Laboratório de Sistemas da Produção. Após as simulações efectuadas conseguimos garantir que as ferramentas criam incremento de produtividade no sistema e que os valores de ganhos de produtividade são tangíveis.

Com a simulação do Jogo 5S verificou-se que alguns postos de trabalho eram mais lentos que nas simulações iniciais e outros tiveram tempos de produção melhorados. Devido à organização implementada nos postos de trabalho e armazém, os tempos de paragem diminuíram e tiveram como resultado uma melhoria ao nível produtivo. Os objectivos propostos para esta simulação foram atingidos, uma vez que se conseguiram verificar melhorias significativas com a sua implementação.

Com a simulação do Jogo de Organização de Layout concluiu-se que com um layout adequado se consegue obter ganhos na produção, esta simulação foi a que mais OP's completas se efectuaram. Os ganhos de tempo com esta simulação devem-se essencialmente à diminuição de transportes entre postos de trabalho o que implica menos tempos de paragem e dá origem a um aumento de produção.

Com o estudo do Jogo de TPM verificou-se que esta ferramenta incide fundamentalmente sobre os equipamentos, o que foi um desafio grande, uma vez que se criou a necessidade de desenvolver um equipamento em que a manutenção fosse possível e que o mesmo estivesse integrado no jogo de simulação das ferramentas Lean. Tendo em conta esta ferramenta, projectou-se uma máquina de carimbar as etiquetas automática e fez-se um plano de manutenção para posterior implementação do TPM.

A principal limitação encontrada é ter sido utilizada só uma turma para testar o jogo.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Construir a máquina projectada para a simulação do TPM;
- Alargar o jogo a mais turmas e medir a eficiência enquanto ferramenta de ensino.

Referências Documentais

- ALARCÓN, Luís F. and ASHLEY, David B. - Playing Games: Evaluating the Impact of Lean Production Strategies on Project Cost and Schedule, 1999.
- AL-MUBARAK, F., KHUMAWALA, B. M., CANEL, C. - “Focused cellular manufacturing: an alternative to cellular manufacturing”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 23, n. 3, pp. 277-299, 2003.
- ASSIS, Rui - Balanceamento de uma linha de produção, Setembro de 2011.
- BLACK, J. T. - O Projecto da Fábrica com Futuro. Editora. Bookman, Porto Alegre, 1998.
- BURTON, R.; TERENCE, T.; and BOEDER, S.M. Lean extended enterprise: moving beyond the four walls to value stream excellence. Boca Ration, USA: Ross Publishin, 2003.
- CANDIDO, J., MURMAN, E., McMANUS, H., “Active Learning Strategies for Teaching Lean Thinking,” Proceedings of the 3rd International CDIO Conference, Cambridge, MA, June 2007.
- CAVACO, Ismael; ÁVILA, Paulo – Apontamentos Disciplina de Planeamento e Programação da Produção, ISEP, Tipologia dos Sistemas de Produção, 2008.
- COURTOIS, Alain; CHANTAL, Maurice Pillet and BONNEFOUS, Martin - Gestão da Produção - 5ª Edição Actualizada e Aumentada, Edições LIDEL, 2006.
- DEWEY, John– Experience and Education: The 60th Anniversary Edition, By Kappa Delta Pi, 1998.
- DILWORTH, James B. - Operation management. McGraw Hill, 1996.
- Erasmus-LLP project - Projecto europeu ‘Lean Learning Academies’ com a referência: 503663-LLP-1-2009-1-BE-ERASMUS-ECUE – Sitio na Internet: www.leanlearningacademy.eu, 2009.
- FALKENAUER, Emanuel - Line Balancing in the Real World, International Conference on Product Lifecycle Management, 2005.


- GEORGE, Michael L., MAXEY, John , ROWLANDS, David and PRICE, Mark - The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity, McGraw-Hill, 2005.
- GHINATO, P - Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações, Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, Brasil, 2000.
- GOGUELIN, Pierre - A Formação Contínua dos Adultos, Europa-América, 1973.
- GRAMIGNA, Maria R. Miranda - Jogos de Empresas (2ª EDIÇÃO). PEARSON / PRENTICE HALL, 2007.
- GRANDO, R.C. - O jogo e a matemática no contexto da sala de aula. São Paulo: Editora Paulus, 2004.
- HIRANO, Hiroyuki - JIT Implementacion Manual – The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing, Second Edition, Waste and the 5S's, CRC Press, 2009.
- HIRANO, Hiroyuki - 5s na Pratica, 1º ed., São Paulo, IMAM, 1994.
- http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1290:how-mistake-proof-are-your-processes?&Itemid=210 – acedido a 10de Março de 2012.
- JOSEPH, Thomas P., MBA, MT (ASCP) Managing Member, STEGALL, Sprick & Associates, LLC - Design a Lean laboratory layout, Fevereiro 2006.
- MCKONE Kathleen E., SCHROEDER, Roger; CUA, G.Kristy O. — Total Productive maintenance: a contextual view, 1997.
- KELLER, Paul A. - Activity Network Diagram - X-Bar Charts, Six Sigma Demystified: A Self-Teaching Guide, McGraw-Hill, 2005.
- LIKER, Jeffrey - The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer - Editora: McGraw-Hill; 1 edition, 17 de Dezembro, 2003.
- M.C. Eti, S.O.T. Ogaji, S.D.Probert - Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries, 2004.
- MELTON, T. - “The Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries”. MIME Solutions Ltd, Chester, UK, Junho 2005.
- MESSEL, Gregg; BURKE, Robert and LUCONSKY, Patrick - Maintenance versus Production, at “Stamping Journal” Vol.16 No. 5 Junho 2004.

- MOHAMMAD, Hudli and INAMDAR, K.H. - Areas of Lean Manufacturing for Productivity Improvement in a Manufacturing Unit - World Academy of Science, Engineering and Technology 69, 2010.
- NAKAJIMA, Seiichi - Introduction to TPM, Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1989.
- NAKAJIMA, Seiichi - Introduction to TPM: Total Productive Maintenance (Preventative Maintenance Series), Outubro 1988.
- OBLINGER, Diana - Simulations, Games, and Learning - edulise Learning Initiative - Maio 2006
- OHNO, T. - Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Portland, OR: Productivity Press, 1988.
- PINTO, Carlos Varela - Organização e Gestão da Manutenção 2ª Edição, Edição Monitor, Setembro de 2002.
- PINTO, João Paulo - Pensamento Lean, A filosofia das organizações vencedoras, Editora LIDEL, 2009.
- POTAPCHUK, Larissa; LUCANSKY, Patrick and BURKE, Robert - Training in a Lean Enterprise...Preparing for Success in an Organization Transitioning to Lean Management. Publicado originalmente na edição Janeiro/Fevereiro do PharmaChem, 2003.
- RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L.J. - Administração da produção e operações. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2008.
- ROTHER, M., & SHOOK, J. - Learning to See value-stream mapping to create value and eliminate muda. Cambridge USA: Lean Enterprise Institute, 2003.
- SHINGO, Shigeo - A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.
- SHINGO, Shigeo - A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint. Cambridge: Productivity, 1989.
- SHINGO, Shigeo - O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.
- SILVER, E. A., PETERSON, R. - Decision Systems for Inventory Management and Production Planning (pp.258). New York: John Wiley, 1985.

- SINGH, N. - “Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing”, John Wiley & Sons, Inc. page 630-631, 1995.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção, 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SOUSA, Rui; VOSS, Christopher.A. Quality management: universal or context dependent? Production and Operations Management, 10(4), pp. 383-404. Dezembro de 2001.
- TOMPKINS, J.A., WHITE, J.A., BOZER, Y., FRAZELLE, E.H., TANCHOCO, J.M.A., TREVINO, J. (1996), “Facilities planning”, Ed. John Wiley & Sons inc.
- VENKATESH, J.- An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). Plant Maintenance Resource Center, Abril de 2007.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. - Revolutionizing product development - Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality. New York, N.Y, Free Press, 1992.
- WIREMAN, Terry - Total productive maintenance, 2nd Edition Industrial Press, Novembro de 2003.
- WOMACK, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. - “The Machine that Changed the World”, London, Simon & Schuster, 2007.
- WOMACK, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. - The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. New York, EUA: Rawson Associates, 1990.
- WOMACK, James P.; Jones, Daniel T. - Lean Thinking Second Edition: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated, 2003.


Anexo A. Documentação utilizada na Simulação Inicial, nos jogos 5S e Organização de Layout

a) Mod. 01/00 – Instruções de trabalho



Instituto Superior de
Engenharia do Porto

Posto de Trabalho 1




Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Colocar a mola na recarga (verificar ao colocar a mola que o diâmetro mais pequeno é o que entra primeiro) e colocar o conjunto no interior do corpo inferior.

Colocar o conjunto no Rack de madeira.


Registrar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00



Instituto Superior de
Engenharia do Porto

Posto de Trabalho 2



Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Colocar o clip colorido no Corpo Superior.

Montar o pino branco no pino colorido e colocar este conjunto no interior do Corpo Superior.

Colocar o conjunto no Rack de madeira.

Registrar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

Posto de Trabalho 3

Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Montar o conjunto inferior (PT1) com o conjunto superior (PT2).

Colocar a caneta na caixa SUC A.

Agrafar as 3 ordens de produção.

Registrar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

Posto de Trabalho 4

Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Colocar cinco canetas dentro da caixa e fechar a caixa.

Imprimir uma etiqueta com a cor das canetas.

Fechar a caixa com uma fita e selar com a etiqueta.

Colocar a caixa final numa caixa SUC A.

Registrar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

Plano de Inspeção:

- Inspeccionar 3 canetas de cada lote.
 - Verificar a cor da caneta;
 - Abrir a caneta e verificar se a mola está colocada correctamente.
- Se **uma** caneta está não-conforme:
 - Rejeitar a caneta;
 - Registar na folha de não-conformidades o defeito encontrado;
 - Chamar o transportador de material para levar as restantes canetas do lote para embalar.
 - A caneta não-conforme é devolvida à produção para ser reparada.
- Se **duas** canetas estão não-conformes:
 - Recusar Lote;
 - Todo o Lote será considerado Sucata;
 - Informar Gestor da Produção para fazer um novo Lote com a mesma referência.

Mod.01/00

Receber o Plano de Produção.

Preencher as ordens de produção para todos os postos de trabalho.

Preencher as requisições de Stock para o armazém.

Registar a produção final.

Mod.01/00

Abastecedor

Receber as requisições de material e as ordens de produção.

Apontar na requisição de material o tempo de início de abastecimento das caixas SUC.A.

Colocar os materiais nas caixas SUC.A juntamente com a ordem de produção.

Apontar na requisição de material o tempo de fim de abastecimento das caixas SUC.A. para o posto 1, 2 e 4.

Mod.01/00

Transportador



Abastecer os postos de trabalho 1, 2 e 4 com as caixas SUC A.



Colocar racks de madeira vazios nos postos de trabalho 1 e 2 e colocar caixas SUC A no posto de trabalho 3.

Transportar os racks de Madeira e as caixas SUC A entre os postos de trabalho.

Mod.01/00

b) Mod. 02/00 – Ordem de Produção

 Instituto Superior de Engenharia do Porto		Ordem de Produção			
O P N.º:				Produto:	
Lote N.º:				Nº de peças no lote:	15
Cliente:				Pedido Por:	
Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
1	Colocar a mola na recarga e colocar o conjunto no interior do corpo inferior.	PT1			

 Instituto Superior de Engenharia do Porto		Ordem de Produção			
O P N.º:	08			Produto:	
Lote N.º:				Nº de peças no lote:	15
Cliente:				Pedido Por:	
Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
2	Montar o pino branco no pino colorido e colocar este conjunto no interior do Corpo Superior. Colocar o conjunto no Rack de madeira.	PT 2			

Instituto Superior de
Engenharia do Porto

Ordem de Produção

O P N.º: _____

Lote N.º: _____

Cliente: _____

Produto: _____

Nº de peças no lote: 15

Pedido Por: _____

Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
3	Montar o conjunto inferior (PT1) com o conjunto superior (PT2).	PT 3			
4	Controlo da Qualidade das canetas.	PT CQ			
5	Colocar cinco canetas dentro da caixa. Imprimir uma etiqueta com a cor das canetas. Fechar a caixa com uma fita e selar com a etiqueta.	PT4			



c) Mod.03/00 – Folha de tempos de Produção

Instituto Superior de
Engenharia do Porto



Controlo de Produção

O P N.º	Lote N.º	Cliente	Produto	N.º de Peças no Lote	Tempo Início OP	Assinatura	Tempo Fim OP	Assinatura

d) Mod.04/00 – Controlo da qualidade

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div>  <div> Instituto Superior de Engenharia do Porto </div> </div> <div>  </div> </div>						
Controlo de Qualidade						
Lote N.º	Produto	N.º de peças no Lote	N.º de productos não-conformes	Controlo do Tempo	Assinatura	Cartão de Não-conformidade N.º


e) Mod.05/00 – Requisição de Componentes


 Instituto Superior de Engenharia do Porto		<h1>Requisição de Material</h1>		 Lab. Sistemas de Produção	
O P N.º: _____					
Lote N.º: _____					
Ref. Produto	Descrição	N.º de peças	Caixa de Transporte	Entregar ao Posto de Trabalho N.º	Recepção
1100011	Recarga Azul		SUC A	PT 1	
1100015	Corpo Inferior Azul				
4400014	Mola				
1100021	Corpo Superior Azul		SUC A	PT2	
1100025	Pino Azul				
1100028	Clip Azul				
5500024	Pino Branco				
	Caixa Azul		SUC A	PT4	
	Fita				
3300013	Recarga Vermelha		SUC A	PT 1	
3300017	Corpo Inferior Vermelho				
	Mola				
3300023	Corpo Superior Vermelho		SUC A	PT2	
3300027	Pino Vermelho				
3300030	Clip Vermelho				
	Pino Branco				
	Caixa Vermelha		SUC A	PT4	
	Fita				
2200012	Recarga Preta		SUC A	PT 1	
2200016	Corpo Inferior Preto				
	Mola				
2200022	Corpo Superior Preto		SUC A	PT2	
2200026	Pino Preto				
2200029	Clip Preto				
	Pino Branco				
	Caixa Preta		SUC A	PT4	
	Fita				
<div> <div>Requisição</div> <div>Stock</div> </div>					

f) Mod.05/01 – Nota de Encomenda

[illegible]

g) Mod.05/02 – Produto acabado

 Instituto Superior de
Engenharia do Porto

 Lab.
Sistemas de Produção

Entrada de Peças

Ref#.	Descrição	Nº de Peças
7700011	Caneta Azul	
8800011	Caneta Preta	
9900011	Caneta Vermelha	


Assinatura

Data


Nº Total de peças

Mod. 05/01


h) Mod.06/00 – Folha de registo de não conformidades

 <small>Instituto Superior de Engenharia do Porto</small>	
<h2>Registo não-conformidades</h2>	
N.ºOP _____	
N.º Lote _____	
Produto: _____	
Quantidade: _____	
Descrição da não conformidade: _____ _____ _____	
Tipo de Reparação: _____ _____ _____	
_____ Director de Produção	_____ Trabalhador
<small>Mod. 06/00</small>	

Anexo B. Documentação utilizada no Jogo TPM



Instituto Superior de
Engenharia do Porto



Lab.
Sistemas de Produção


Gestor de manutenção

Emitir as ordens de manutenção;


Dar início aos trabalhos;

Registrar o tempo de manutenção da máquina.

Mod.01/00



Instituto Superior de
Engenharia do Porto



Lab.
Sistemas de Produção

Trabalhadores (manutenção)

Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de manutenção.

Retirar o suporte do rolo de etiquetas com o apoio de uma chave de fendas.

Verificação do suporte do rolo de Etiquetas:

- Medir com um paquímetro a zona de aperto à máquina;
- Verificar visualmente se o veio de suporte do rolo não tem empenos.

Mod.01/00

Trabalhadores (manutenção)

Retirar os cilindros eléctricos:

- Desapertar o parafuso sextavado central;
- Desligar os conectores eléctricos.

Verificação dos cilindros eléctricos:

- Energizar o cilindro e ligá-lo ao controlador;
- Efectuar comando no controlador e verificar se o curso do cilindro está correcto.

Mod.01/00

Trabalhadores (manutenção)

Retirar o motor de selecção dos carimbos:

- Desligar os conectores eléctricos;
- Retirar vedante inferior
- Desenroscar veio do suporte dos cilindros.

Verificação do motor de selecção dos carimbos:

- Energizar o motor e ligá-lo ao controlador;
- Efectuar comando no controlador e verificar se o avanço do motor está correcto.

Mod.01/00

Trabalhadores (manutenção)

Para retirar os carimbos basta puxar com a mão uma vez que estes têm um sistema de colocação rápido.

Verificação dos carimbos:

- Retirar a tampa superior dos carimbos;
- Reabastecer o nível de tinta dos carimbos;
- Testar impressão do carimbo.

Mod.01/00

Trabalhadores (manutenção)


Após todas as verificações da máquina devemos proceder à sua montagem:

- Montar o suporte do rolo de Etiquetas;
- Montar os cilindros eléctricos;
- Instalar o motor de selecção dos carimbos;
- Colocar os carimbos;
- Testar a máquina.


Registar o tempo de fim do trabalho na ordem de manutenção.

Mod.01/00

b) Mod. 08/01 – Ordem de manutenção



**instituto Superior de
Engenharia do Porto**



Ordem Nº: _____
 Máquina: _____

 Data e assinatura: _____

ORDENS DE Manutenção

Equipamento	Descrição da Operação	Data Início	Hora de Início	Data de Término	Hora de Término	Assinatura Trabalhador

Mod. 08/01

Anexo C. Manual da Simulação Inicial

MANUAL PARA A SIMULAÇÃO INICIAL

VISÃO GERAL E OBJECTIVOS

Tempo do Jogo: 75 minutos;

Número de Participantes: 8 jogadores (5 operários, 1 transportador, 1 gestor de produção e um responsável de armazém);

Número de Facilitadores: 1;

Objectivo Principal: Apresentar o jogo e os princípios Lean.

AGENDA

Após apresentação da ferramenta a simular o facilitador deve seguir os passos presentes na tabela abaixo.

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Canetas, caixas e documentação	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação dos Princípios Lean	Quadro Magnético	15	Os participantes ficam a conhecer os princípios Lean
3	Efectuar treino da Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	5	Os participantes observam como funciona a linha produtiva
4	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	20	Os participantes testam a linha produtiva e detectam desperdícios
5	Análise dos problemas da Simulação	Quadro Magnético ou um computador com o software Excel.	5	Os participantes debatem problemas encontrados e indicam soluções
6	Apresentação do VSM	Software Power Point com o VSM para apresentação.	15	Os participantes têm uma nova ferramenta para desenhar “os problemas”
7	Desenhar o VSM	Quadro Magnético ou um software próprio para o efeito.	5	Assim obtemos o Value Stream Mapping

PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS NECESSÁRIOS AO JOGO

Imprimir os seguintes documentos:

- Mod. 01/00 – Instruções de trabalho (Instrucoes_de_trabalho.pdf);
- Mod. 02/00 – Ordem de Produção (Ordem_de_Producao.pdf);
- Mod.03/00 – Folha de tempos de Produção (Folha_de_tempos_de_Producao.pdf);
- Mod.04/00 – Controlo da qualidade (Controlo_da_qualidade.pdf)
- Mod.05/00 – Requisição de Componentes (Requisicao_de_Componentes.pdf);

- Mod.05/01 – Nota de Encomenda (Nota_de _Encomenda.pdf);
- Mod.05/02 – Produto acabado (Produto_acabado.pdf);
- Mod.06/00 – Folha de registo de não conformidades (Folha_nao_conformidades.pdf)

Preparar a apresentação inicial da ferramenta

- Apresentação dos princípios Lean (Apresentacao_Lean.ppt).

Preparar o layout da Sala de acordo com as imagens abaixo.

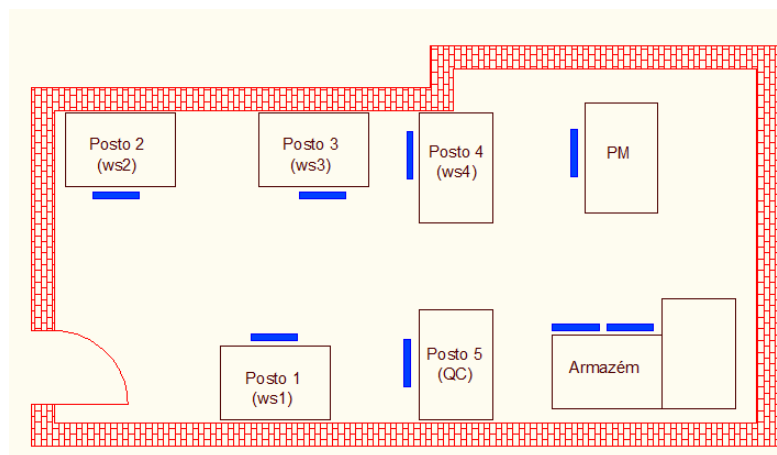


Figura 1 - Layout da sala.

Para este layout são necessários:

- 5 mesas e 5 cadeiras para utilizar como postos de trabalho;
- 2 mesas e 2 cadeiras para o armazém;
- 1 mesa e uma cadeira para o Gestor da Produção;
- 1 PC com Microsoft Excel.

Preparar o armazém de acordo com as imagens abaixo.



Figura 2 - Layout do armazém.

MATERIAL NECESSÁRIO PARA O JOGO DA SIMULAÇÃO INICIAL

Os materiais necessários para efectuar o jogo estão presentes numa mala onde se pode encontrar:

- Racks para 15 unidades de canetas (15 unidades);
- Caneta Azul desmontada (80 unidades);
- Caneta Preta desmontada (80 unidades);
- Caneta Vermelha desmontada (80 unidades);
- 5 tesouras;
- Crachás – 8 unidades;
- Caixas finais para colocar as canetas;






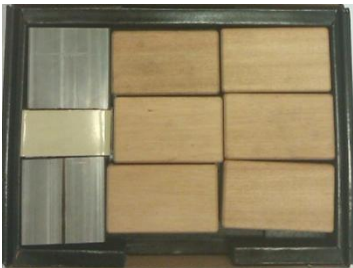
O restante material necessário para a execução do jogo, deverá ser colocado na sala na fase de preparação dos elementos necessários para o arranque do jogo:

- Caixas grandes (SUC A) – 20 unidades;
- Caixas pequenas (SUC 0) – 10 unidades;
- Máquina de Etiquetas (Máquina e carimbos)
- Relógio digital para projectar na parede;
- Quadro Magnético.



Figura 3 - Mala do jogo Lean.

A seguinte tabela descreve os elementos presentes na mala do jogo Lean:

	<p>Mala Lean Game.</p>
	<p>Documentos e caixas para as canetas (As caixas necessitam de ser recortadas e montadas).</p>
	<p>Colocação da primeira divisória.</p>
	<p>Mala com manuais, caixas para canetas, canetas, carimbos, rolo de etiquetas, tesoura, caneta para escrever no quadro magnético, crachás, Poka Yoke, e CD com apresentações e documentos a imprimir.</p>
	<p>Colocação da segunda divisória.</p>
	<p>Mala com manuais, caixas para canetas, canetas, carimbos, rolo de etiquetas, tesoura, caneta para escrever no quadro magnético, crachás, Poka Yoke, CD com apresentações e documentos a imprimir, racks de madeira com molas de fixação e caixas para organização dos materiais no armazém.</p>

INSTRUÇÕES PARA O ARRANQUE DO "JOGO"

1. Inicialmente temos que colocar as mesas como está indicado no Layout.
2. Colocar os racks e materiais no armazém, todos devem ser identificados e estar colocados em caixas.
3. Nas estações de trabalho necessitamos de colocar as instruções de trabalho.
4. Nomear o Gestor da Produção, é ele que define quem faz o quê.
5. Os trabalhadores vão para os seus postos de trabalho e os transportadores ficam com o Gestor da Produção para definir as rotas ideais para os materiais.
6. Quando os trabalhadores chegam aos postos de trabalho necessitam de ler as instruções de trabalho e fazer um aquecimento de cinco minutos para reconhecer a sua função na fábrica.
7. O facilitador faz uma apresentação rápida sobre o "Jogo".

FASES DO "JOGO"

1. Quando o facilitador começa o "Jogo" precisa de pedir aos trabalhadores para verem o tempo no relógio de parede, assim há um controlo dos tempos de produção. Os trabalhadores devem assinalar na folha de tempos quando começaram o trabalho e quando terminaram, após o término do trabalho eles devem anotar o valor do tempo de produção.
2. O primeiro passo para o "Jogo" é a ordenação dos materiais no armazém, e, em seguida, o Gestor da produção faz uma ordem de produção para as estações de trabalho 1 e 2.
 - a. A ordem de produção deve acompanhar o fluxo do produto.
 - b. Um transportador leva o material para a estação de trabalho 1 e 2.

Nota: Depois do primeiro transporte de material, os restantes transportes são feitos apenas pelo transportador 2 ao longo do processo.

Nota 2: De forma a dinamizar o jogo, cada posto de trabalho já deve ter um lote de 15 unidades (de material necessário para o seu posto) para poder dar início aos seus trabalhos assim que a simulação se inicie.

3. O início do trabalho nas estações de trabalho 1 e 2 começa, os trabalhadores devem efectuar as tarefas de acordo com as instruções.
 - a. Quando a tarefa na estação de trabalho 1 está concluída, o transportador efectua o transporte do material final para a estação de trabalho 3.
 - b. Quando a tarefa na estação de trabalho 2 está concluída, o transportador encaminha o material final para a estação de trabalho 3.
4. Quando o trabalhador na estação de trabalho 3 termina o trabalho, o transportador conduz o material final para o controlo de qualidade.
5. O trabalhador no Controlo de qualidade fez a inspecção de qualidade da caneta de acordo com o plano de inspecção, onde são inspeccionadas 3 canetas de cada caixa.
6. O trabalhador no posto de trabalho 4 embala as canetas como está indicado nas instruções, e em seguida, o transportador encaminha as canetas para o armazém.
7. O transportador 2 retira o material excedentário dos postos de trabalho após a tarefa do posto estar terminada, o material excedentário é transportado para o armazém.

Anexo D. Manual para o Jogo dos 5S

MANUAL PARA O JOGO DOS 5S

VISÃO GERAL E OBJECTIVOS

Tempo do Jogo: 65 minutos;

Número de Participantes: 8 jogadores (5 operários, 1 transportador, 1 gestor de produção e um responsável de armazém);

Número de Facilitadores: 1;

Objectivo Principal: Apresentar a Ferramenta 5S.

AGENDA

Após apresentação da ferramenta a simular o facilitador deve seguir os passos presentes na tabela abaixo:

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Canetas, caixas e documentos	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação da ferramenta 5S	Apresentação Power Point da ferramenta 5S.	10	Os participantes ficam a conhecer a ferramenta a estudar
3	Sugestões de melhoria	Quadro Magnético	5	Melhoria das condições iniciais para o arranque da simulação
	Implementar 5S	Marcações para mesas, identificação para os carimbos, caixas de transporte	10	Conhecimento das condições necessárias para a implementação dos 5S
5	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário.	20	Os participantes observam como funciona a linha produtiva
6	Avaliação do desempenho e análise dos problemas da Simulação	Quadro Magnético	10	Detecção de Problemas.

PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS NECESSÁRIOS AO JOGO

Imprimir os seguintes documentos:

- Mod. 01/00 – Instruções de trabalho (Instrucoes_de_trabalho.pdf);
- Mod. 02/00 – Ordem de Produção (Ordem_de_Producao.pdf);
- Mod.03/00 – Folha de tempos de Produção (Folha_de_tempos_de_Producao.pdf);
- Mod.04/00 – Controlo da qualidade (Controlo_da_qualidade.pdf)
- Mod.05/00 – Requisição de Componentes (Requisicao_de_Componentes.pdf);

- Mod.05/01 – Nota de Encomenda (Nota_de _Encomenda.pdf);
- Mod.05/02 – Produto acabado (Produto_acabado.pdf);
- Mod.06/00 – Folha de registo de não conformidades (Folha_ao_conformidades.pdf)

Preparar a apresentação inicial da ferramenta

- Apresentação da Ferramenta 5S (Apresentacao_5S.ppt).

Preparar o layout da Sala de acordo com as imagens abaixo.

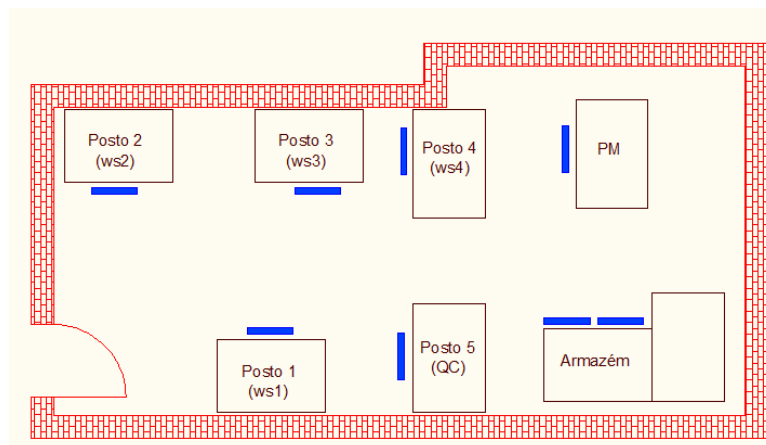


Figura 1 - Layout da sala.

Para este layout são necessários:

- 5 mesas e 5 cadeiras para utilizar como postos de trabalho;
- 2 mesas e 2 cadeiras para o armazém;
- 1 mesa e uma cadeira para o Gestor da Produção;
- 1 PC com Microsoft Excel.

Preparar o armazém de acordo com as imagens abaixo.



Figura 2 - Layout do armazém.

MATERIAL NECESSÁRIO PARA O JOGO DOS 5S

Os materiais necessários para efectuar o jogo estão presentes numa mala onde se pode encontrar:

- Racks para 15 unidades de canetas (15 unidades);
- Caneta Azul desmontada (80 unidades);
- Caneta Preta desmontada (80 unidades);
- Caneta Vermelha desmontada (80 unidades);
- 5 tesouras;
- Crachás – 8 unidades;
- Caixas finais para colocar as canetas;
- Fitas coloridas para delimitar as zonas:
 - Materiais em curso (Delimitação de cor azul);
 - Materiais não conformes (Delimitação de cor de laranja);
 - Máquina (Delimitação de cor amarela);
 - Produto acabado (Delimitação de cor verde).





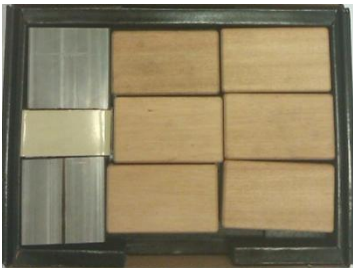
O restante material necessário para a execução do jogo, deverá ser colocado na sala na fase de preparação dos elementos necessários para o arranque do jogo:

- Caixas grandes (SUC A) – 20 unidades;
- Caixas pequenas (SUC 0) – 10 unidades;
- Máquina de Etiquetas (Máquina e carimbos)
- Relógio digital para projectar na parede;
- Quadro Magnético.



Figura 3 - Mala do jogo Lean.

A seguinte tabela descreve os elementos presentes na mala do jogo Lean:

	<p>Mala Lean Game.</p>
	<p>Documentos e caixas para as canetas (As caixas necessitam de ser recortadas e montadas).</p>
	<p>Colocação da primeira divisória.</p>
	<p>Mala com manuais, caixas para canetas, canetas, carimbos, rolo de etiquetas, tesoura, caneta para escrever no quadro magnético, crachás, Poka Yoke, e CD com apresentações e documentos a imprimir.</p>
	<p>Colocação da segunda divisória.</p>
	<p>Mala com manuais, caixas para canetas, canetas, carimbos, rolo de etiquetas, tesoura, caneta para escrever no quadro magnético, crachás, Poka Yoke, CD com apresentações e documentos a imprimir, racks de madeira com molas de fixação e caixas para organização dos materiais no armazém.</p>

INSTRUÇÕES PARA O ARRANQUE DO "JOGO"

1. Colocar as mesas como está indicado no Layout.
2. Colocar os racks e materiais no armazém.
3. Nas estações de trabalho colocar as instruções de trabalho.
4. Nomear o Gestor da Produção, é ele que define quem faz o quê.
5. Os trabalhadores vão para os seus postos de trabalho e os transportadores ficam com o Gestor da Produção para definir as rotas ideais para os materiais.
6. Quando os trabalhadores chegam aos postos de trabalho necessitam de ler as instruções de trabalho e fazer um aquecimento de cinco minutos para reconhecer a sua função na fábrica.
7. O facilitador faz uma apresentação rápida sobre o "Jogo".

FASES DO "JOGO"

1. Quando o facilitador começa o "Jogo" precisa de pedir aos trabalhadores para verem o tempo no relógio de parede, assim há um controlo dos tempos de produção. Os trabalhadores devem assinalar na folha de tempos quando começaram o trabalho e quando terminaram, após o término do trabalho eles devem anotar o valor do tempo de produção.
2. O primeiro passo para o "Jogo" é a verificação dos materiais no armazém, e, em seguida, o Gestor da produção emite uma ordem de produção para as estações de trabalho 1 e 2.
 - a. A ordem de produção deve acompanhar o fluxo do produto.
 - b. Um transportador leva o material para a estação de trabalho 1 e 2.

Nota: Depois do primeiro transporte de material, os restantes transportes são feitos apenas pelo transportador 2 ao longo do processo.

Nota 2: De forma a dinamizar o jogo, cada posto de trabalho já deve ter um lote de 15 unidades (de material necessário para o seu posto) para poder dar início aos seus trabalhos assim que a simulação se inicie.

3. O início do trabalho nas estações de trabalho 1 e 2 começa, os trabalhadores devem efectuar as tarefas de acordo com as instruções.
 - a. Quando a tarefa na estação de trabalho 1 está concluída, o transportador efectua o transporte do material final para a estação de trabalho 3.
 - b. Quando a tarefa na estação de trabalho 2 está concluída, o transportador encaminha o material final para a estação de trabalho 3.
 - c. Os Postos têm marcação dos locais onde os materiais em curso devem estar colocados e tem limitação do local de trabalho.
4. Quando o trabalhador na estação de trabalho 3 termina o trabalho, o transportador conduz o material final para o controlo de qualidade.
5. O trabalhador no Controlo de qualidade fez a inspecção de qualidade da caneta de acordo com o plano de inspecção, onde são inspeccionadas 3 canetas de cada caixa.
 - a. O posto tem marcação dos locais onde os materiais em curso devem estar colocados e existe indicação da zona de materiais não conformes.
6. O trabalhador no posto de trabalho 4 embala as canetas como está indicado nas instruções, e em seguida, o transportador encaminha as canetas para o armazém.
 - a. O posto tem marcação dos locais onde os materiais em curso devem estar colocados, indicação da zona de produto acabado, também existe a limitação da zona de trabalho da máquina de etiquetas. Os carimbos utilizados estão identificados.
7. No fim da simulação devemos verificar as diferenças dos tempos de produção e efectuar um gráfico comparativo com a situação inicial.
8. O transportador 2 retira o material excedentário dos postos de trabalho após a tarefa do posto estar terminada, o material excedentário é transportado para o armazém.

Anexo E. Manual para o jogo Organização de Layout

MANUAL PARA O JOGO DE ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT

VISÃO GERAL E OBJECTIVOS

Tempo do Jogo: 55 minutos;

Número de Participantes: 8 jogadores (5 operários, 1 transportador, 1 gestor de produção e um responsável de armazém);

Número de Facilitadores: 1;

Objectivo Principal: Apresentar a Ferramenta Organização de Layout.

AGENDA

Após apresentação da ferramenta a simular o facilitador deve seguir os passos presentes na tabela abaixo:

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Canetas, caixas e documentos	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação da ferramenta Organização de Layout	Apresentação Power Point da ferramenta Organização de Layout	10	Os participantes ficam a conhecer a ferramenta a estudar
3	Sugestões de melhoria	Quadro Magnético	5	Melhoria das condições iniciais para o arranque da simulação
4	Desenhar o spaghetti diagram	Quadro Magnético ou um software próprio para o efeito	5	Assim obtemos o Layout Optimizado
5	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	20	Os participantes observam como funciona a linha produtiva
6	Avaliação do desempenho e análise dos problemas da Simulação	Quadro Magnético	5	Detecção de Problemas

PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS NECESSÁRIOS AO JOGO

Imprimir os seguintes documentos:

- Mod. 01/00 – Instruções de trabalho (Instrucoes_de_trabalho.pdf);
- Mod. 02/00 – Ordem de Produção (Ordem_de_Producao.pdf);
- Mod.03/00 – Folha de tempos de Produção (Folha_de_tempos_de_Producao.pdf);
- Mod.04/00 – Controlo da qualidade (Controlo_da_qualidade.pdf)
- Mod.05/00 – Requisição de Componentes (Requisicao_de_Componentes.pdf);

- Mod.05/01 – Nota de Encomenda (Nota_de _Encomenda.pdf);
- Mod.05/02 – Produto acabado (Produto_acabado.pdf);
- Mod.06/00 – Folha de registo de não conformidades (Folha_nao_conformidades.pdf)

Preparar a apresentação inicial da ferramenta

- Apresentação Ferramenta Organização de Layout (Apresentacao_Layout.ppt).

Preparar o layout da Sala de acordo com as imagens abaixo.

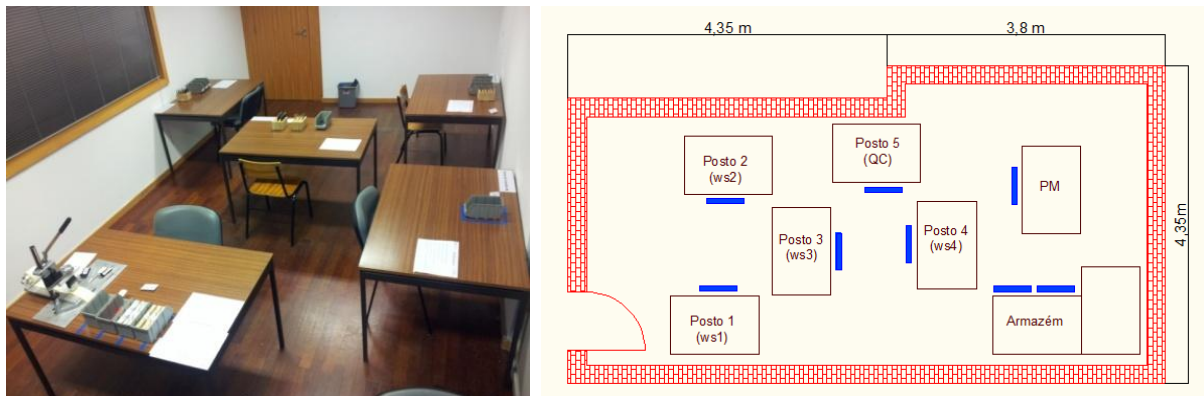


Figura 1 - Layout da sala.

Para este layout são necessários:

- 5 mesas e 5 cadeiras para utilizar como postos de trabalho;
- 2 mesas e 2 cadeiras para o armazém;
- 1 mesa e uma cadeira para o Gestor da Produção;
- 1 PC com Microsoft Excel.

Preparar o armazém de acordo com as imagens abaixo.



Figura 2 - Layout do armazém.

MATERIAL NECESSÁRIO PARA O JOGO SIMULAÇÃO DE ORGANIZAÇÃO DE LAYOUT

Os materiais necessários para efectuar o jogo estão presentes numa mala onde se pode encontrar:

- Racks para 15 unidades de canetas (15 unidades);
- Caneta Azul desmontada (80 unidades);
- Caneta Preta desmontada (80 unidades);
- Caneta Vermelha desmontada (80 unidades);
- 5 tesouras;
- Crachás – 8 unidades;
- Caixas finais para colocar as canetas;






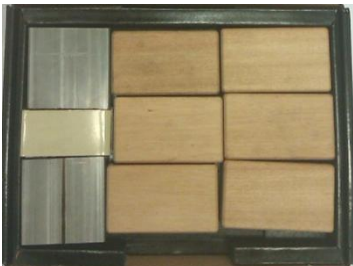
O restante material necessário para a execução do jogo, deverá ser colocado na sala na fase de preparação dos elementos necessários para o arranque do jogo:

- Caixas grandes (SUC A) – 20 unidades;
- Caixas pequenas (SUC 0) – 10 unidades;
- Máquina de Etiquetas (Máquina e carimbos)
- Relógio digital para projectar na parede;
- Quadro Preto.



Figura 3 - Mala do jogo Lean.

A seguinte tabela descreve os elementos presentes na mala do jogo Lean:

	<p>Mala Lean Game.</p>
	<p>Documentos e caixas para as canetas (As caixas necessitam de ser recortadas e montadas).</p>
	<p>Colocação da primeira divisória.</p>
	<p>Mala com manuais, caixas para canetas, canetas, carimbos, rolo de etiquetas, tesoura, caneta para escrever no quadro magnético, crachás, Poka Yoke, e CD com apresentações e documentos a imprimir.</p>
	<p>Colocação da segunda divisória.</p>
	<p>Mala com manuais, caixas para canetas, canetas, carimbos, rolo de etiquetas, tesoura, caneta para escrever no quadro magnético, crachás, Poka Yoke, CD com apresentações e documentos a imprimir, racks de madeira com molas de fixação e caixas para organização dos materiais no armazém.</p>

INSTRUÇÕES PARA O ARRANQUE DO "JOGO"

1. Inicialmente temos que colocar as mesas como está indicado no Layout.
2. Colocar os racks e materiais no armazém.
3. Nas estações de trabalho necessitamos de colocar as instruções de trabalho.
4. Nomear o Gestor da Produção, é ele que define quem faz o quê.
5. Os trabalhadores vão para os seus postos de trabalho e os transportadores ficam com o Gestor da Produção para definir as rotas ideais para os materiais.
6. Quando os trabalhadores chegam aos postos de trabalho necessitam de ler as instruções de trabalho e fazer um aquecimento de cinco minutos para reconhecer a sua função na fábrica.
7. O Gestor da produção faz uma apresentação rápida sobre o "Jogo".

FASES DO "JOGO"

1. Quando o facilitador começa o "Jogo" precisa de pedir aos trabalhadores para verem o tempo no relógio de parede, assim há um controlo dos tempos de produção. Os trabalhadores devem assinalar na folha de tempos quando começaram o trabalho e quando terminaram, após o término do trabalho eles devem anotar o valor do tempo de produção.
2. O primeiro passo para o "Jogo" é a verificação dos materiais no armazém, e, em seguida, o Gestor da produção faz uma ordem de produção para as estações de trabalho 1 e 2.
 - a. A ordem de produção deve acompanhar o fluxo do produto.
 - b. Um transportador levar o material para a estação de trabalho 1 e 2.

Nota 1: Depois do primeiro transporte de material, os restantes transportes são feitos apenas pelo transportador 2 ao longo do processo.

Nota 2: De forma a dinamizar o jogo, cada posto de trabalho já deve ter um lote de 15 unidades (de material necessário para o seu posto) para poder dar início aos seus trabalhos assim que a simulação se inicie.

3. O início do trabalho nas estações de trabalho 1 e 2 começa, os trabalhadores devem efectuar as tarefas de acordo com as instruções.
 - a. Quando a tarefa na estação de trabalho 1 está concluída, o transportador efectua o transporte do material final para a estação de trabalho 3.
 - b. Quando a tarefa na estação de trabalho 2 está concluída, o transportador encaminha o material final para a estação de trabalho 3.
4. Quando o trabalhador na estação de trabalho 3 termina o trabalho, o transportador conduz o material final para o controlo de qualidade.
5. O trabalhador no Controlo de qualidade fez a inspecção de qualidade da caneta de acordo com o plano de inspecção, onde são inspeccionadas 3 canetas de cada caixa.
6. O trabalhador no posto de trabalho 4 embala as canetas como está indicado nas instruções, e em seguida, o transportador encaminha as canetas para o armazém.
7. Efectuar uma segunda simulação aplicando a Organização de Layout, todos os passos (1 a 3) devem ser repetidos.
8. O trabalhador na estação de trabalho 3 monta o conjunto do posto de trabalho 1 e 2, no decorrer da sua tarefa faz o auto-controlo da qualidade de acordo com o plano de inspecção, onde são inspeccionadas 3 canetas de cada rack de madeira.
9. O trabalhador no posto de trabalho 4 embala as canetas como está indicado nas instruções, e em seguida, o transportador encaminha as canetas para o armazém.
10. No fim das duas simulações devemos verificar as diferenças dos tempos de produção e efectuar um gráfico comparativo.
11. O transportador 2 retira o material excedentário dos postos de trabalho após a tarefa do posto estar terminada, o material excedentário é transportado para o armazém.

Anexo F. Manual para o jogo de TPM

MANUAL PARA O JOGO DE TPM

VISÃO GERAL E OBJECTIVOS

Tempo do Jogo: 40 a 50 minutos;

Número de Participantes: 3 jogadores (2 jogadores, 1 Gestor de Produção);

Número de Facilitadores: 1;

Objectivo Principal: Apresentar a Ferramenta TPM.

AGENDA

Após apresentação da ferramenta a simular o facilitador deve seguir os passos presentes na tabela abaixo:

Item	Acção	Ferramentas necessárias	Duração [min]	Efeitos da Acção
1	Fornecer aos participantes objectivos e ferramentas	Documentos, ferramentas necessárias para a manutenção da máquina.	10	Os participantes estão aptos para efectuar o trabalho
2	Apresentação da Ferramenta TPM	Apresentação Power Point da ferramenta TPM	5	Os participantes ficam a conhecer a ferramenta a estudar
3	Sugestões de Melhoria	Quadro Magnético	10	Melhoria das condições iniciais para o arranque da simulação
4	Efectuar a Simulação	Os postos de trabalho com o equipamento necessário	Tempo necessário para efectuar a manutenção	Os participantes observam como funciona a máquina Os participantes já efectuar a manutenção
5	Elações retiradas da Simulação	Quadro Magnético	5	Identificação dos principais problemas.

PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS NECESSÁRIOS AO JOGO

Imprimir os seguintes documentos:

- Mod. 01/01 – Instruções de trabalho (Instrucoes_de_trabalho_tpm.pdf);
- Mod. 08/01 – Ordem de Manutenção (Ordem_de_manutencao.pdf);

Preparar a apresentação inicial da ferramenta

- Apresentação Ferramenta TPM (Apresentacao_TPM.ppt).

Preparar a sala para o jogo:

São necessárias duas mesas para efectuar este jogo:

- 1 mesa para o gestor de manutenção;
- 1 mesa para os jogadores.

MATERIAL NECESSÁRIO PARA A SIMULAÇÃO DE TPM

O material necessário para a execução das simulações está indicado na seguinte lista de materiais utilizados:

- 1 Máquina de Etiquetas (Todos os componentes constituintes da máquina);
- 3 Carimbos;
- 1 Chave de Fendas;
- 1 Chave de umbraco;
- 1 Calibre roscado;
- 1 Galheta de óleo lubrificante para máquinas;
- 1 Pano para limpeza;
- Tinta para carimbos;
- Crachás – 3 unidades
- Relógio digital para projectar na parede;
- Quadro Magnético.

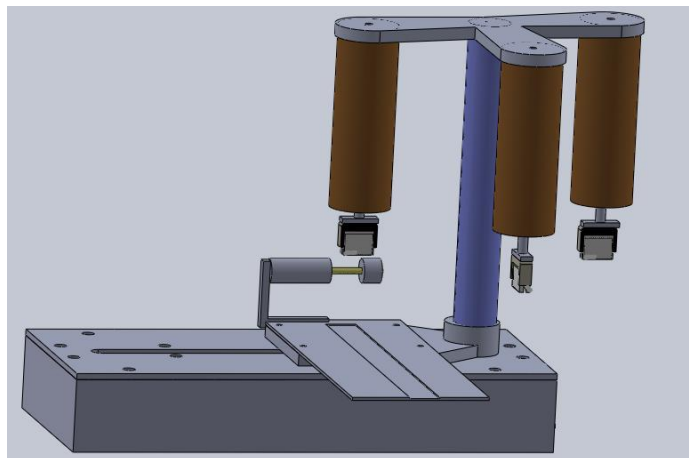


Figura 1 - Máquina de Etiquetas.

INSTRUÇÕES PARA O ARRANQUE DO "JOGO"

1. Antes de arrancar com o "Jogo" o facilitador deve colocar a máquina de impressão de etiquetas no local onde será efectuada a intervenção.
2. O facilitador do Jogo faz uma apresentação rápida do "Jogo".
3. Os trabalhadores chegam ao posto de trabalho e necessitam de ler as instruções de trabalho e fazer um aquecimento de cinco minutos para verificarem a máquina onde vão intervir.
4. Os trabalhadores começam a intervir na máquina percorrendo todos os passos das instruções de trabalho.

FASES DO "JOGO"

1. Quando o facilitador começa o "Jogo" precisa de pedir aos trabalhadores para verem o tempo no relógio de parede, assim há um controlo dos tempos de manutenção da máquina. Os trabalhadores devem assinalar na folha de tempos quando começaram o trabalho e quando terminaram, após o término do trabalho eles devem anotar o valor do tempo de manutenção.
2. O primeiro passo para o "Jogo" é a verificação da máquina de impressão de etiquetas, de seguida, o facilitador dá a ordem de intervenção na máquina.
3. O início dos trabalhos dá-se com a retirada dos elementos de desgaste da máquina para verificação das suas características funcionais de acordo com as instruções de trabalho.
4. Após verificação/reparação dos elementos retirados passa-se à montagem dos mesmos na máquina.
5. No fim dos trabalhos devem verificar os tempos de manutenção e assinalar o registo do tempo.

